ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

ANNEE 1982 N° 4

CONSIDERATIONS SUR L'ABREUVEMENT DES BOVINS

THESE

POUR LE DOCTORAT VETERINAIRE
(diplôme d'Etat)
présentée et soutenue publiquement en 1982
devant
L'UNIVERSITE PAUL-SABATIER DE TOULOUSE
par

LEBON Jean-François, Michel, Denis
Né le 22 Août 1955 à CHATEAU THIERRY (Aisne)

JURY :

Président :

M. ECALLE Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Assesseurs :

M. GRIESS Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

M. FALIU Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Association des Elèves
ENVT

LYON
LUCIEN
1894

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

ANNEE 1982 N° 4

CONSIDERATIONS SUR L'ABREUVEMENT DES BOVINS

THESE

POUR LE DOCTORAT VETERINAIRE
(diplôme d'Etat)
présentée et soutenue publiquement en 1982
devant
L'UNIVERSITE PAUL-SABATIER DE TOULOUSE
par

LEBON Jean-François, Michel, Denis
Né le 22 Août 1955 à CHATEAU THIERRY (Aisne)

JURY :

Président :

M. ECALLE Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Assesseurs :

M. GRIESS Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

M. FALIU Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Association des Elèves
ENVT

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547621_0008

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Directeur ..... M. LAUTIE

Directeur honoraire ..... M. FLORIO

Professeurs honoraires ..... MM. BRIZARD
SAURAT

PERSONNEL ENSEIGNANT

CHAIRE DE PHARMACIE ET TOXICOLOGIE

Professeur titulaire ..... M. GODFRAIN
Professeur sans chaire ..... Mme BURGAT-SACAZE

Pharmacie et Toxicologie

CHAIRE DE PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES

Professeur titulaire ..... MM. RICO
Professeur sans chaire ..... BRAUN
Maître-Assistant ..... BENARD

Physique biologique et médicale
Chimie biologique et médicale
Informatique biologique et médicale

CHAIRE D'ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES

Professeur titulaire ..... MM. PAVAUX
Maître-Assistant ..... LIGNEREUX
Maître-Assistant ..... SAUTET

Organogénèse - Tératologie
Anatomie générale - Anatomie appliquée

CHAIRE DE PHYSIOLOGIE, PHARMACODYNAMIE ET THERAPEUTIQUE

Professeur titulaire ..... MM. RUCHEBUSCH
Professeur sans chaire ..... FARGEAS
Maître-Assistant Agrégé ..... TOUTAIN

Physiologie - Pharmacodynamie -
Thérapeutique

CHAIRE D'HISTOLOGIE - ANATOMIE PATHOLOGIQUE

Professeur titulaire ..... MM. VAN HAVERBEKE
Professeur sans chaire ..... CABANIE
Maître-Assistant agrégé ..... MAGNOL

Histologie - Embryologie
Anatomie Pathologique - Clinique

CHAIRE D'HYGIENE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE

Professeur titulaire ..... MM. LABIE
Maître de Conférences ..... EECKHOUTTE
Maître Assistant Agrégé ..... Mme BENARD

Hygiène, Inspection, Contrôle et
Technologie des denrées alimentaires
d'origine animale - Clinique

CHAIRE DE PARASITOLOGIE ET MALADIES PARASITAIRES

Professeur titulaire ..... MM. DORCHIES
Maître de Conférences ..... FRANC
Maître-Assistant ..... DUCOS DE LAHITTE

Zoologie appliquée - Ecologie -
Parasitologie externe - Dermatologie
Parasitologie interne - Clinique

CHAIRE DE SEMIOLOGIE ET PATHOLOGIE MEDICALE DES EQUIDES ET CARNIVORES ET DE LEGISLATION

Professeur titulaire ..... MM. LESCURE
Maître de Conférences ..... GUELFI
Maître Assistant ..... REGNIER

Sémiologie et Pathologie Médicale des Equidés et
Carnivores
Législation Vétérinaire et Déontologie
Clinique

CHAIRE DE PATHOLOGIE MEDICALE DU BETAIL ET DES ANIMAUX DE BASSE-COUR

Professeur titulaire	MM. TOURNUT
Maître de Conférences	BEZILLE
Maître Assistant	JOUGLAR

Sémiologie et Pathologie Médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour
Clinique - Consultation itinérante

CHAIRE DE PATHOLOGIE CHIRURGICALE

Professeur titulaire	MM. CAZIEUX
Maître de Conférences	GENEVOIS
Maître Assistant	AUTEFAGE

Propédeutique et Sémiologie chirurgicale
Radiologie - Technique chirurgicale -
Anesthésiologie - Pathologie chirurgicale
Traumatologie - Podologie orthopédique -
Clinique

CHAIRE DE PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION

Professeur titulaire	MM. FERNEY
Professeur sans chaire	ROYAL

Pathologie de l'appareil génital et de la mamelle -
Sémiologie et propédeutique -
Pathologie de la reproduction -
Obstétrique et pathologie du nouveau-né
Clinique - Consultation itinérante

CHAIRE DE MALADIES CONTAGIEUSES - ZOONOSES - LEGISLATION SANITAIRE

Professeur titulaire	MM. CHANTAL
Maître Assistant	PICAVET

Epidémiologie - Maladies contagieuses - Zoonoses -
Législation sanitaire - Clinique -

CHAIRE DE PATHOLOGIE GENERALE - MICROBIOLOGIE - IMMUNOLOGIE

Professeur titulaire	MM. LAUTIE
Maître-Assistant	PELLERIN

Microbiologie - Immunologie -
Pathologie générale

CHAIRE D'ELEVAGE ET ECONOMIE

Professeur titulaire	MM. QUEINNEC
Professeur sans chaire	DARRE
Maître-Assistant	Mme QUEINNEC

Ethnologie - Génétique animale - Extérieur -
Zootechnie et économie générales
Ethologie appliquée, Sciences, Techniques,
Economie de l'Elevage et des Productions animales -
Insémination artificielle -
Organisation de l'Elevage -

CHAIRE D'ALIMENTATION

Professeur titulaire	MM. FALIU
Professeur sans chaire	GRIESS

Botanique appliquée et bromatologie
Agronomie - Alimentation

CHARGES D'ENSEIGNEMENT

MM. les Professeurs ANGELIER, ARMENGAUD, COMBES, COMBRET, CROS, FERNET et MAZENC.

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables des opinions émises par les candidats (délibération de la Faculté en date du 10 mai 1891 et du Conseil de l'Ecole en date du 13 juin 1924).

A MA FEMME,

En gage de mon amour

A MES PARENTS,

En humble témoignage de ma profonde affection

A la mémoire de mes grands parents et de mes arrière grands parents,

A MA FAMILLE,

A MES AMIS,

AUX DOCTEURS : BUREL, DUFY et VERMOT.GAUD,

Qui ont guidé mes premiers pas dans l'art vétérinaire.

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur ECALLE
de l'Université Paul Sabatier de Toulouse

Qui nous a fait le très grand honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse.

Hommage respectueux.

A NOTRE JURY DE THESE

Monsieur le Professeur GRIESS
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Qui nous a dirigé dans ce travail en nous prodiguant ses précieux conseils

Témoignage de reconnaissance et de gratitude.

Monsieur le Professeur FALJU
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Qui a bien voulu faire partie de notre jury de thèse.

Témoignage de notre respectueuse reconnaissance.

A TOUS NOS MAITRES DE L'ECOLE

NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE.

CONSIDERATIONS SUR L'ABREUVEMENT DES BOVINS.

PLAN

INTRODUCTION

Première Partie : RAPPELS SUR LE BESOIN EN EAU

I) SIGNIFICATION DU BESOIN EN EAU

II) IMPORTANCE DE L'EAU : SES RÔLES

1°) IMPORTANCE DE L'EAU DANS L'ORGANISME

a) Importance pondérale

b) Variations selon l'âge, le sexe, l'état d'engraissement, les tissus

. Age

. Sexe

. Etat d'engraissement

. Tissus

c) Les compartiments liquidiens

d) Renouvellement de l'eau dans l'organisme

2°) LES ROLES DE L'EAU DANS L'ORGANISME

a) Rôle solvant

b) Rôle dans l'homéothermie

c) Rôles divers

III) MÉTABOLISME DE L'EAU

1°) RESORPTION DE L'EAU

2°) CIRCULATION

3°) RESERVES D'EAU

4°) UTILISATION DE L'EAU
5°) ELIMINATION

IV) FACTEURS INTERVENANT DANS LES VARIATIONS DU BESOIN

Deuxième Partie : QUALITE DE L'APPORT EN EAU

I) QUALITÉS PHYSIQUES, CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES

1°) PHYSIQUE

a) Fraîcheur
b) Limpidité
c) Couleur
d) Odeur et saveur

2°) CHIMIQUES

a) Agressivité
b) Dureté

3°) BIOLOGIQUES

II) DÉFINITION D'UNE EAU POTABLE : LÉGISLATION

III) ANALYSE D'UNE EAU D'ABREUVEMENT

1°) PRELEVEMENTS

a) Réalisation
- Nature des prélèvements
. analyse chimique
. analyse bactériologique
- Points de prélèvement
- Méthode de prélèvements
- Transport des échantillons

b) Laboratoires destinataires des échantillons
c) Fiche de renseignements

2°) TYPES D'ANALYSES POSSIBLES

a) Type I : analyse complète
b) Type II : analyse de surveillance
c) Type III : analyse de surveillance réduite

3°) INTERPRETATION DES RESULTATS

a) Matières en suspension et matières décantables
b) pH
c) Résistivité ou matières dissoutes
d) Carbonates et bicarbonates
e) Chlorures
f) Sulfates
g) Calcium
h) Magnésium
i) Fer
j) Matières organiques
k) Azote, ammoniaque et sels ammoniacaux
l) Nitrites
m) Nitrates
n) CO_2 libre
o) Analyse bactériologique
   . dénombrement total
   . germes test de contamination fécale
      - les coliformes
      - les entérocoques
      - Chlostridium perfringens
      - Bactériophages fécaux
      - Bdellovibrio bacteriovirus

IV) QUALITÉ DE L'EAU ET PATHOLOGIE

1°) MINERALISATION DES EAUX

2°) LES EAUX RESIDUAIRES

3°) TOXICOLOGIE DES CORPS MINERAUX

- a) Plomb
- b) Fluor
- c) Arsenic
- d) Zinc
- e) Cadmium
- f) Baryum
- g) Sodium
- h) Cyanure
- i) Chrome hexavalent
- j) Sulfates inorganiques
- k) Eléments radio-actifs naturels
- l) Produits chimiques volontairement ajoutés à l'eau

4°) BACTERIES PATHOGENES DES EAUX

- a) Tuberculose
- b) Brucellose
- c) Botulisme
- d) Leptospirose
- e) Fièvre charbonneuse
- f) Pasteurellose
- g) Paratuberculose

5°) TRANSMISSION HYDRIQUE DES MALADIES VIRALES

- a) La fièvre aphteuse
- b) Peste bovine
- c) Rage, grippe

6°) TRANSMISSION HYDRIQUE DES MALADIES PARASITAIRES

7°) AUTRES ORGANISMES VIVANTS POUVANT ETRE CONTENUS DANS L'EAU DE BOISSON

a) Les algues
b) Cantharides
c) Sangsues

8°) CONCLUSION SUR LE ROLE EPIDEMIOLOGIQUE DE L'EAU

V) PROTECTION QUALITATIVE DES EAUX D'ABREUVEMENT

Troisième partie : LES BESOINS QUANTITATIFS

I) LE DÉTERMINISME DE LA SOIF

1°) LE COMPORTEMENT ALIMENTAIRE
2°) LA SENSATION DE SØIF
3°) L'INGESTION D'EAU

II) ANALYSE DU BESOIN QUANTITATIF EN EAU

1°) RAPPELS SUR LES DEPENSES EN EAU DE L'ORGANISME

a) L'évaporation cutanée et la ventilation pulmonaire

. Mesure de la vaporisation totale

- mesure par le calcul de la perte insensible de poids
- mesure par la tente hygrométrique

. Conséquences hématologiques

. Facteurs de variations

- la température
- le degré hygrométrique
- la ventilation et l'évaporation

b) Pertes urinaires
c) Excrétion fécale
d) Sécrétion lactée
e) Néoformation des tissus
f) Le travail musculaire

2°) L'APPORT EN EAU DE L'ORGANISME

a) L'eau d'origine endogène
- les réserves d'eau
- l'eau métabolique

b) L'eau d'origine exogène
- eau des aliments
- eau d'abreuvement : couverture des besoins
. Normes d'abreuvement
milieu tempéré
milieu tropical
. Variation avec le climat
. Variation avec l'alimentation
. Variation avec la production laitière
. Variation avec l'âge

3°) MESURE DU BESOIN EN EAU
4) BILANS HYDRIQUES

Quatrième partie : CONDUITE DE L'ABREUVEMENT

I) L'ABREUVEMENT ET LES PRODUCTIONS

1°) PRODUCTION BOUCHERE
2°) PRODUCTION LAITIERE

II) LES MÉTHODES D'ABREUVEMENT

1°) LES POINTS ISOLES

a) Les sources
b) Les puits
c) Les cours d'eau
d) Les mares
e) Les citernes

2°) EQUIPEMENTS COLLECTIFS D'ADDUCTION D'EAU :
RESEAU DE DISTRIBUTION

III) LUTTE CONTRE LA PÉNURIE

IV) MODALITÉS DE DISTRIBUTION DE L'EAU

V) PATHOLOGIE LIÉE À UNE MAUVAISE TECHNIQUE D'ABREUVEMENT

1°) APPORT INSUFFISANT

a) Pénurie chronique d'eau
- Pénurie chronique et perte de poids
- Pénurie chronique et perturbation du transit digestif
- Pénurie chronique et élimination urinaire
- Pénurie chronique et élimination cutanée et pulmonaire
- Pénurie chronique et production

b) Pénurie aiguë

2°) APPORT EXCESSIF
3°) TEMPERATURE DE L'EAU

4°) EXIGUITE DES POINTS D'ABREUVEMENT

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE.

PREMIERE PARTIE

RAPPELS SUR LE BESOIN EN EAU

INTRODUCTION

" L'eau, tu es la vie, tu n'acceptes point de mélange,
Tu ne supportes point d'altération ".

Antoine de SAINT.EXUPERY
" Terre des Hommes "

C'est un lieu commun de dire que l'eau est l'élément essentiel de notre planète (12). L'eau, nécessaire à la vie et donc à la production agricole est précieuse et l'on sait de mieux en mieux pourquoi et comment. Son prix, au sens figuré est immense, son prix au sens monétaire est peu en accord avec sa préciosité.

Il y a, cependant, de l'eau en abondance à la surface de la terre mais les besoins sont considérables (5). Notre civilisation technique déverse dans nos précieuses eaux des produits artificiels de toute sorte allant des gasoils aux détergents, du chlore à la gamme des produits " antivie " utilisés par l'agriculteur (27). L'eau des lacs et des rivières est de plus en plus souvent impropre aux usages domestiques, généralement parce que la qualité en a été modifiée par l'action humaine. Les eaux souterraines, elles-mêmes, n'échappent pas à la pollution et beaucoup n'ont pas naturellement les qualités requises pour leur utilisation directe.

Ce n'est pas l'eau qui est rare, mais l'eau utile, l'eau aux qualités appropriées, biologiques et physico-chimiques, aux usages que veut en faire l'Homme (5).

L'eau est certainement un des composés chimiques le plus important du corps humain et animal, celui-ci n'est-il pas quelques kilogrammes de protéines baignant dans de l'eau ? (81, 60).

Le maintien de l'équilibre vital n'est pas possible sans eau (47). Elle est essentielle au fonctionnement normal du corps comme substance de base du sang, des liquides inter et intra-cellulaires, comme transport des métabolites et des produits de déchets. Par ses propriétés d'évaporation et de chaleur spécifique, l'eau est le plus important régulateur de la température corporelle.

Les animaux sont capables de survivre plus longtemps sans aliments que sans eau (81).

De nos jours, on se préoccupe beaucoup des questions d'alimentation des animaux, mais une question semble particulièrement délaissée :

celle de l'alimentation en eau. Pourtant l'eau possède un rôle alimentaire très important puisqu'elle intervient comme agent chimique de la nutrition (60). L'eau est le moyen essentiel à la haute production animale, elle doit être connue dans ses qualités physiques, chimiques et bactériologiques (9). Les pays tempérés, étant orientés vers une haute productivité animale, ne peuvent négliger l'étude des besoins en eau tant quantitativement que qualitativement (70).

I) SIGNIFICATION DU BESOIN EN EAU

Le besoin en eau est la conséquence de phénomènes physiologiques. C'est un état organique. Le degré d'exactitude de la couverture de ce besoin se manifeste par des critères physiologiques telle la durée de survie ou des critères pathologiques tels les signes cliniques.

L'organisme s'use. Pour maintenir l'état d'équilibre dynamique qu'est la vie, l'organisme adulte doit réparer ou réédifier ses constituants au fur et à mesure de leur dégradation ou de leur excrétion. C'est cette perte irréductible qui est à l'origine des besoins matériels. Quantitativement, le besoin peut se subdiviser en trois :

- le besoin minimum
- le besoin d'entretien
- le besoin de production.

Qualitativement, nous pouvons distinguer des besoins plastiques et des besoins fonctionnels (50).

II) IMPORTANCE DE L'EAU : SES RÔLES

1°) *IMPORTANCE DE L'EAU DANS L'ORGANISME*

a) *Importance pondérale*

Pondéralement, l'eau est le plus important constituant de l'organisme (29). L'eau joue un rôle fondamental, toute manifestation vitale étant incompatible avec l'absence d'eau (50).

TABLEAU N°1

Composants	% du poids vif
Eau	60 à 75
Protides	15
Lipides	14
Sels minéraux	5
Divers	1

Composition moyenne de l'organisme du bovin adulte (Diallo) (29)

Ainsi un bovin adulte de 350 kg renferme 210 kg d'eau au minimum (29). De même un taureau lorsque son tube digestif est enlevé renferme 55 % d'eau.

En général, le corps des animaux lorsque le tube digestif et les graisses sont éliminées renferme 75 à 78 % d'eau (50).

b) Variations selon l'âge, le sexe, l'état d'engraissement, les tissus

- Age

Le pourcentage d'eau est d'autant plus élevé que l'animal est jeune.

TABLEAU N°2

Age	% eau / poids vif
Bovin :	
embryon 185 jours	85 %
naissance	75,8 %
3 mois	71 %

Variation de la teneur en eau de l'organisme en fonction de l'âge (Diallo) (29)

L'eau représente une proportion relativement constante de la masse corporelle délipidée mais qui décroît cependant de la naissance à l'âge adulte de 76 à 71 % chez les bovins. Sa proportion dans la masse corporelle totale diminue avec l'âge et l'état d'engraissement : par exemple de 75 % chez le veau à la naissance, à 40 % chez les bovins adultes très gras (49).

- Sexe

La proportion d'eau contenue dans un organisme varie également en fonction du sexe. Ainsi les femelles ont une hydratation moindre (65%) (96).

- Etat d'engraissement

Il intervient également dans le taux d'hydratation d'un organisme : en effet, la teneur en eau diminue quand la teneur en graisse augmente (60 % d'hydratation chez les animaux gras) (96).

- Les tissus

D'une manière générale, plus un tissu est jeune, plus il est riche en eau. Les différents tissus d'un même organisme n'ont pas le même degré d'hydratation comme le montre le tableau suivant :

TABLEAU N°3

Tissu	% d'eau
Liquide céphalo.rachidien	99
Matière grise du cerveau	86
Sang	80
Muscle, foie	75
Matière blanche du cerveau	68
Cartilage	67
Peau	60 à 75 selon l'âge
Tissu élastique	50
Os total	66
Os moins la moelle	27
Tissus adipeux	6 à 20

Degré d'hydratation des divers tissus de l'organisme (Diallo) (29).

La composition des êtres vivants varie aussi en fonction des états physiologiques ou pathologiques et de l'alimentation (50)

c) Les compartiments liquidiens

Nous pouvons encore envisager différemment la répartition de l'eau dans un organisme. Une partie de l'eau totale du corps se trouve,en effet, à l'intérieur des cellules : c'est l'EAU INTRACELLULAIRE ; une autre partie se trouve à l'extérieur des cellules : c'est l'EAU EXTRA. CELLULAIRE qui comprend l'eau du plasma sanguin et l'eau interstitielle ou eau des espaces tissulaires.

EAU TOTALE
(70% environ du poids corporel)

EAU INTRACELLULAIRE
(50% environ du poids corporel = 72 % de l'eau totale)

EAU EXTRACELLULAIRE
(20 % environ du poids corporel = 28 % de l'eau totale)

EAU PLASMATIQUE
(15% soit 21% de l'eau totale)

EAU INTERSTITIELLE
(5% soit 7 % de l'eau totale

Figure n°1 : Répartition de l'eau dans l'organisme selon les compartiments liquidiens (Simonnet) (110)

C'est-à-dire que 72 % environ de l'eau de l'organisme se trouve dans les cellules, 21% dans le plasma et 7 % dans les espaces interstitiels (110).

Le compartiment intracellulaire, singulièrement complexe échappe à l'analyse fonctionnelle en clinique. On admet que l'eau s'y répartit en trois fractions :

- eau libre ou solvant
- eau liée aux micelles colloïdales
- eau de constitution qui ne participe pas aux régulations des métabolismes (108).

La teneur en eau des cellules est maintenue dans des limites étroites.

Dans le compartiment extracellulaire, l'eau du contenu digestif est particulièrement importante chez les ruminants puisqu'elle représente de 12 à 18 % du poids vif selon le régime (49).

Bovin de 350 kg de poids vif

Eau totale 245 kg

Eau intracellulaire 175 kg

Eau extracellulaire 70 kg

Eau plasmatique 18 kg

Eau interstitielle 52 kg

Figure n°2 : Application chiffrée de la figure n°1 (Simonnet) (110)

d) Renouvellement de l'eau dans l'organisme

L'eau corporelle se renouvelle à un rythme qui augmente avec l'intensité de la production, avec la température (qui accroît les pertes insensibles) , ou la consommation d'une ration riche en sel (Na Cl).

On mesure ce renouvellement par la demi-vie du tritium de l'eau tritiée, les valeurs couramment observées chez les bovins non en lactation étant de 4 à 8 jours (49).

A l'importance élevée de l'eau se lie un rôle varié en raison de ses qualités physico-chimiques et ses états dans l'organisme. L'eau joue donc des rôles très divers (29).

2°) LES ROLES DE L'EAU DANS L'ORGANISME

Les rôles que joue l'eau dans l'organisme vivant sont nombreux et très variés et dépendent de ses propriétés physiques et chimiques qui en font un corps remarquable, unique en son genre (50).

S'il est possible d'extraire des organismes vivants de l'eau chimiquement pure, l'eau des organismes contient toujours, dans les conditions naturelles, des substances de nature très variée : lipides, glucides, protides, sels , qui se trouvent sous divers états. Les lipides sont en émulsion ; les protides se trouvent, soit en solution colloïdale : protéines et complexes lipo-protéiques, soit en solution vraie : acides aminés, urée; les glucides sont en solution vraie ainsi que les sels (110).

La présence de ces substances confère à l'eau qui les contient des propriétés variées : eau solvant, eau d'imbibition des gels colloïdaux, eau libre, eau liée aux molécules; réciproquement, le fait d'être associées à l'eau confère à ces substances des propriétés nouvelles : ionisation, solubilisation, état colloïdal.

La répartition des substances associées à l'eau n'est pas identique dans les divers territoires liquidiens. En gros, l'eau du plasma est riche en protéines ; l'eau interstitielle est riche en chlore et sodium mais elle est beaucoup moins riche en protéines que l'eau du plasma, un dixième environ; c'est une sorte d'ultra-filtrat du plasma. Quant à l'eau intracellulaire, elle ne contient pratiquement ni chlore, ni sodium, elle est, par contre, assez riche en magnésium, riche en potassium et elle renferme quatre ou cinq fois plus de protéines que le plasma (110).

a) Rôle solvant

L'eau, solvant universel de base, est le premier équilibre électrique et neutre (pH 7), que chaque phénomène de dissolution ou d'absorption (au cours de la nutrition) modifiera en changeant sa fonction qui deviendra acide ou base (28).

Grâce à son rôle de solvant, elle intervient dans tous les échanges nutritifs (absorption, transport, excrétion) (64). L'eau est le véhicule de substances variées qui se trouvent à l'état dissout, ionisées ou non, en solution vraie ou colloïdale ou en suspension. Elle véhicule,de ce fait, les métabolites nutritifs et les agents du travail cellulaire : enzymes, hormones, ainsi que l'élimination des produits de déchet (29). L'eau participe donc à de nombreuses réactions métaboliques.

Chez les ruminants, les échanges entre l'appareil digestif et le sang mettent en jeu des quantités d'eau considérables en raison de l'abondance des sécrétions digestives (49).

b) Rôle dans l'homéothermie

La chaleur spécifique de l'eau est la plus élevée de tous les liquides. Cette propriété limite ou ralentit l'élévation de la température de l'organisme quand la chaleur est produite. Sa chaleur de vaporisation est également élevée (580 Cal./g) entraînant une perte calorique importante quand de l'eau est vaporisée.

Sa conductibilité thermique élevée permet une égalisation rapide des écarts de température entre les divers territoires de l'organisme (50). L'eau joue donc un rôle capital dans la régulation de la température par le transport et l'élimination de la chaleur (49).

c) Rôles divers

La tension superficielle élevée de l'eau favorise les phénomènes de surface, sa viscosité faible permet les déplacements de liquide. Sa constante diélectrique élevée favorise l'intervention des ions H^+ et OH^- dans diverses réactions (50).

Pour toutes ces raisons, l'eau intervient dans la vie cellulaire comme constituant plastique du protoplasme. Elle prend part aux actes du métabolisme dans les réactions d'hydrolyse et dans les processus d'oxydo-réduction. L'eau est l'un des principaux agents de l'homéostasie du milieu

intérieur : concentration moléculaire, pH, température.

L'eau entre dans la composition de toutes les sécrétions externes. Elle intervient dans la vision comme constituant des milieux transparents de l'oeil et dans l'audition comme constituant des liquides de l'oreille interne.

Elle joue un rôle de lubrifiant dans les séreuses articulaires et splanchniques et un rôle de protection mécanique par l'imbibition du tissu conjonctif sous-cutané (29).

Une perte de 10 % d'eau entraîne des troubles graves. Une perte de 25 % est mortelle. Ces chiffres suffisent pour illustrer l'importance de ce constituant pour la vie de l'organisme.

III) MÉTABOLISME DE L'EAU

(110)

Nous ne ferons que rappeler les données fondamentales concernant le transit de l'eau en ne soulignant que celles d'entre elles qui présentent un intérêt plus particulier pour la connaissance du besoin en eau.

1°) RESORPTION DE L'EAU

Le lieu principal de résorption de l'eau ingérée est l'intestin grêle, mais la résorption se produit aussi au niveau du gros intestin et au niveau du rumen.

La résorption intestinale porte sur l'eau d'abreuvement et l'eau de constitution des aliments, elle intéresse aussi l'eau contenue dans les sécrétions digestives.

Les sécrétions digestives sont, en effet, très riches en eau : de 98 à 99,5 %, aussi la quantité d'eau déversée par cette voie est-elle considérable. Elle représente, en moyenne, deux à trois fois l'eau d'abreuvement,

trois à quatre fois l'eau excrétée par l'urine, deux fois le volume du sang. La presque totalité qui sort ainsi de l'organisme pour contribuer à la digestion des aliments est reprise par la résorption intestinale et par le rumen ; seule une fraction relativement faible retenue par le contenu intestinal, apparaît dans les fèces.

2°) CIRCULATION

L'existence des mouvements d'eau dans l'organisme est mise en évidence par le fait que de l'eau y pénètre et en sort constamment.

Les animaux vivent donc dans une véritable eau courante.

Une partie de l'eau contenue dans l'appareil circulatoire fuit au niveau du rein, des glandes digestives, des surfaces épithéliales (téguments, épithélium mammaire et poumon), des glandes sudoripares et accessoirement des glandes lacrymales. Elle est remplacée par l'eau qui est résorbée par l'épithélium digestif (eau d'alimentation, eau des sécrétions digestives) ou par l'eau des espaces intercellulaires extra-vasculaires.

3°) RESERVES D'EAU

L'organisme animal, bien qu'il contienne environ 60 à 65 % de son poids en eau ne dispose que de faibles quantités d'eau sous forme de réserves au sens propre du terme. Cette eau disponible est représentée par l'eau des liquides circulants et des liquides interstitiels : c'est surtout l'eau du tégument et l'eau du tissu musculaire qui constitue le plus important réservoir et le plus immédiatement utilisable sans dommage pour l'organisme; l'eau du foie, du myocarde, de la rate est également plus disponible que l'eau du plasma sanguin dont les variations sont compensées par l'eau interstitielle.

Inversement, ces tissus emmagasinent l'eau plasmatique en cas d'absorption excessive ou d'élimination insuffisante. Cette eau de réserve

peut être utilisée en cas de besoin, mais très vite des troubles apparaissent, dûs à la diminution de l'hydrémie et à l'augmentation de la concentration des humeurs.

4°) UTILISATION DE L'EAU

L'eau est utilisée dans les réactions d'hydrolyse. Ces réactions assurent la presque totalité des actes chimiques dans la digestion des glucides, des protides, des lipides, des esters phosphoriques. Les réactions d'hydrolyse sont également nombreuses et importantes dans le métabolisme intermédiaire. L'eau intervient aussi dans le processus d'oxydation biologique qui ne résulte pas de l'addition d'oxygène au substrat, mais de l'addition d'eau avec formation d'un hydrate.

De l'eau est mise en circulation lors des processus de polymérisation des glucides en glycogène : une molécule d'eau par molécule de glucose condensée. Cette eau est restituée lors de la glycogénolyse.

Il résulte de ces processus que l'eau est formée au cours du métabolisme intermédiaire des nutriments organiques.

Cette eau endogène, eau occulte, eau d'oxydation , est produite en quantité variable suivant le nutriment utilisé : 0,55 g par g dans le cas des glucides, 1,071 dans le cas des lipides, 0,396 dans le cas des protides.

L'eau métabolique joue un rôle particulier dans la nutrition cellulaire, différent de celui de l'eau d'origine exogène ; sa production dans les cellules entraîne une diminution de la concentration moléculaire intra-cellulaire qui est à l'origine d'un mouvement d'eau ou de substances dissoutes entre la cellule et les espaces inter-cellulaires ; fonction qui ne peut évidemment être assurée que par l'eau d'origine exogène. Cette eau intervient d'autre part dans la couverture des besoins en eau.

5°) ELIMINATION

L'eau est éliminée sous deux états : état de vapeur, état liquide. L'élimination de vapeur d'eau se fait par l'épithélium pulmonaire ; il s'agit d'eau en nature, associée aux gaz de la respiration et aux produits volatils éventuellement éliminés par la voie pulmonaire.

L'élimination d'eau liquide se fait par des voies multiples : voie rénale, voie cutanée, sécrétions diverses. L'eau éliminée dans ces conditions contient toujours des substances dissoutes ou en suspension.

La signification de ees diverses voies d'élimination est différente en ce qui concerne les traversées de l'eau dans l'organisme.

L'élimination rénale est en rapport direct avec le métabolisme général puisque c'est, par elle, que l'organisme se débarrasse de la quasi-totalité des produits de déchet.

L'élimination cutanée est aussi une voie d'élimination de déchets d'importance relativement constante dans le cas de la perspiration insensible; elle est, au contraire, de grandeur très variable dans le cas de la sudation puisque l'importance de celle-ci dépend des besoins de la régulation de la température. Il en est de même pour l'élimination par la voie pulmonaire.

Dans le cas des sécrétions, l'eau n'est éliminée que dans la mesure où elles sont mises en jeu par les mécanismes régulateurs propres à chacune d'elles. C'est le cas des sécrétions des diverses muqueuses : muqueuses des voies respiratoires supérieures et des bronches, muqueuse digestive, muqueuses des voies génitales... et des sécrétions des glandes individualisées: glandes annexes du tube digestif, de l'appareil génital, glandes lacrymales et glande mammaire.

IV) Facteurs intervenant dans les Variations du Besoin

Les variations du besoin sont conditionnées par le maintien de l'homéostasie hydrique, facteur relativement constant et les pertes de l'organisme, facteur variable.

Les pertes dépendent de la température et de l'humidité ambiante, du travail musculaire et de l'alimentation. Une ration riche en protides générateurs d'urée entraîne une élimination correspondante d'eau (volume obligatoire d'Ambout). Elles sont également influencées par les productions de l'animal.

Un animal en voie de croissance fixe 75 g d'eau pour 100 g de croît. Une vache laitière produisant quotidiennement 15 litres de lait élimine de ce fait 13 litres d'eau. Les animaux qui travaillent boivent plus que ceux qui sont au repos. Ainsi une estimation précise des besoins en eau des animaux est plus difficile que celle des besoins énergétiques car ils varient dans des limites considérables suivant l'environnement (29).

DEUXIEME PARTIE

QUALITE DE L'APPORT EN EAU

L'eau destinée à l'alimentation des animaux domestiques doit présenter un certain nombre de qualités physiques, chimiques et biologiques.

L'eau, élément nécessaire et bienfaisant, peut en certaines circonstances troubler la santé. Ce sujet intéresse l'éleveur autant sous le rapport de l'hygiène que sous celui de la pathologie.

L'eau peut être à l'origine de troubles aussi sérieux que variés qui occasionnent à l'élevage des pertes fort appréciables.

L'éleveur, soucieux du parfait état de ses animaux, s'intéressera à cette question que beaucoup trop considèrent encore,à l'heure actuelle, comme tout à fait accessoire. On se montre, le plus souvent, pour ne pas dire toujours peu exigeant par la qualité de l'eau destinée aux bêtes, et, cependant, elles peuvent toutes avoir à en souffrir (102). L'aspect qualitatif (hygiènique et sanitaire) de l'eau d'abreuvement est encore plus important dans les régions désertiques (70).

I) Qualités Physiques, Chimiques et Biologiques

1°) *PHYSIQUES*

L'eau doit être fraîche, limpide, incolore, inodore et sans saveur.

a) Fraicheur

Les eaux provenant de nappes profondes présentent une grande stabilité thermique, mais les eaux de surface et celles inférieures à 10 m de profondeur ont une température conditionnée par celle de l'atmosphère et en suivent les variations.

b) Limpidité

Les eaux de surface se troublent après les grandes pluies. Il est désagréable d'avoir affaire à une eau dont la turbidité est importante ;

c'est-à-dire présentant de nombreuses particules en suspension.

c) Couleur

La couleur de l'eau est déterminée par les matières colloïdales en solution ou suspension. La couleur doit entraîner un doute sur la potabilité.

d) Odeur et saveur

L'odeur et la saveur sont dues à des produits chimiques à faible dose, à des essences introduites dans l'eau par les microorganismes vivants qui ont vécu au contact (algues, champignons). Parfois, celles-ci sont désagréables. Toute eau possède une certaine saveur qui lui est propre (sels, gaz dissouts).

2°) CHIMIQUES

a) Agressivité

Il ne suffit pas, cependant, que de l'eau soit claire et agréable à boire, ces qualités ne sont pas des preuves suffisantes de potabilité. On doit s'efforcer, en outre, de connaître son degré d'acidité ou d'agressivité: c'est-à-dire sa faculté plus ou moins grande d'attaquer les canalisations. Les eaux pauvres en chaux contiennent , en effet, de l'acide carbonique libre qui attaque les tuyaux métalliques, pouvant déterminer des intoxications saturniques, quand les canalisations sont en plomb. L'eau doit donc avoir un pH $>$ 7.

b) Dureté

Au point de vue chimique, la teneur en sels calciques et magnésiens caractérise la dureté de l'eau. Elle est déterminée par la méthode hydrotimétrique (basée sur la propriété que possède le " savon " de donner une masse persistance avec l'eau distillée, après agitation). La dureté de l'eau ne doit pas être supérieure à 30° hydrotimétrique,sinon elle incruste les tuyaux d'adduction.

On rencontre également dans l'eau provenant de nappes souterraines des sels ferreux (carbonates et phosphates). Ils ne doivent pas être à un taux $>$ 0,5 mg/l, faute de quoi, l'eau prend un goût métallique et peut amener l'engorgement des tuyaux (94).

3°) BIOLOGIQUES

Les qualités biologiques d'une eau, entrant dans l'alimentation des animaux sont de beaucoup plus importantes.

L'eau ne doit pas, en effet,recéler des microbes pathogènes responsables d'épidémies, ni renfermer des parasites comme des ascaris, amibes, oxyures, douves, ankylostomes,ou leurs oeufs. On fera un examen microscopique du culot de centrifugation. Chez les animaux, diverses maladies peuvent être, en effet, d'origine hydrique (94).

II) DÉFINITION D'UNE EAU POTABLE : LÉGISLATION

La législation Française et Européenne en matière d'eau potable est définie par les textes suivants :

- code de la Santé publique (décret n° 53100/1 du 5 octobre 1953),
- circulaire du 15 mars 1962 (J.O. du 27 mars 1962),
- directive du Conseil des Communautés Européennes (J.O. Comm. Europ. du 18 septembre 1975).

Une eau, pour être considérée comme potable doit satisfaire aux conditions suivantes :

a) ne pas contenir d'organismes parasites ou pathogènes,

b) ne pas contenir, dans le cas d'une eau non traitée, d'Escherichia coli dans 100 ml d'eau, ni de streptocoques fécaux dans 50 ml d'eau (entérocoques, streptocoques du groupe D (30), ni de Clostridium sulfito-réducteurs dans 20 ml d'eau (Clostridium perfringens). Il en est de même pour une eau traitée sauf pour les sulfito-réducteurs dont la présence, en petit

nombre est tolérable dans une eau traitée et n'implique pas, à elle seule, la non potabilité de l'eau.

Notons que la spore de Clostridium perfringens peut persister longtemps dans l'eau. Cette spore se trouve toujours dans les matières organiques en putréfaction qui ne doivent pas venir au contact de l'eau.

La présence de bactériophages, d'Escherichia coli ou de Shigella doit faire considérer l'eau comme non potable car ils indiquent la présence de germes pathogènes. La présence de bactéries pathogènes est à redouter en période d'épidémie (30).

c) ne pas présenter de colorations dépassant 20 unités (échelle colorimètrique au platino-cobalt), ni une turbidité supérieure à 15 gouttes de solution alcoolique de gomme mastic à 1/1000 en période normale d'exploitation. Toutefois, dans des circonstances exceptionnelles et pour une durée limitée, il peut être toléré qu'elle atteigne 30 gouttes de mastic dans 50 ml d'eau optiquement vide.

d) ne pas avoir un pouvoir colmatant dû aux éléments en suspension supérieur à 0,1 et ne pas contenir d'algues ou autres éléments figurés.

e) ne pas présenter d'indices chimiques de pollution,ni de concentrations en substances toxiques ou indésirables supérieures à celles qui sont fixées dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU N°4

Eléments	Limites (mg/l)
Plomb	0,10
Sélénium	0,05
Fluorures	1,00
Arsenic	0,05
Cuivre	1,00
Fer	0,30
Manganèse	0,10
Zinc	5,00
Composés phénoliques (en phénols)	néant

Concentrations limites en substances toxiques (Dégremont) (27)

f) la minéralisation totale ne doit pas excéder 2g/litres.

L'eau ne doit présenter ni odeur, ni saveur désagréable.

TABLEAU N°5

	Teneur admissible	Teneur excessive
Matières solides totales	500 mg/l	1 500
Couleur	5 unités (°)	50
Turbidité	5 unités (°°)	25
Fer (Fe)	0,3 mg/l	1
Manganèse	0,1 mg/l	0,5
Cuivre	1 mg/k	1,5
Zinc	5 mg/l	15
Calcium	75 mg/l	200
Magnésium	50 mg/l	150
Sulfates	200 mg/l	400
Chlorures	200 mg/l	600
pH	7 à 8,5	6,5 ou 9,2
Sulfate de magnésium + sulfate de sodium	500 mg/l	1 000
Composés phénoliques sous formes de phénol	0,001mg/l	0,002
Alcoylbenzène sulfonates	0,5 mg/l	1

Qualité des eaux d'abreuvement. Teneurs admissibles et teneurs excessives (Dégremont) (27)

(°) : échelle colorimétrique au platino-cobalt

(°°): unités turbidimétriques

TABLEAU N°6

Strontium 90	30×10^{-6} microcurie/l
Radium 226	10×10^{-6} microcurie/l
Concentration totale (en l'absence de St 90 et d'émetteur α)	$1\,000 \times 10^{-6}$ microcurie/l

Concentrations maximales admissibles en éléments radio-actifs (données provisoires). (Dégremont) (27)

III) Analyse d'une Eau d'Abreuvement

L'état sanitaire d'un cheptel étant en relation étroite avec la qualité de l'approvisionnement en eau, il nous a paru nécessaire de décrire les techniques de prélèvements d'eau pour analyse et d'en commenter les résultats (73).

1°) PRELEVEMENTS

Une analyse n'a de sens que si elle est entourée de soins suffisants (27).

L'eau d'adduction collective est normalement soumise à un contrôle permanent de la part des syndicats de distribution, afin de répondre à certains critères définis par la législation française.

Mais de nombreux élevages utilisent des points d'eau privés : puits, sources, eau de citerne, etc..

C'est alors que des problèmes se posent au point de vue surveillance, nécessitant des contrôles réguliers.

Les premières questions à résoudre pour l'éleveur et son conseiller technique concernent donc les analyses nécessaires.

- Quel type d'analyse demander ?
- Comment faire les prélèvements ?
- A qui les faire parvenir ?

- Comment interpréter les résultats du laboratoire ?

a) Réalisation

- Nature des prélèvements

. Analyse chimique

Deux litres d'eau prélevés dans des flacons en verre, bien rincés, de préférence bouchés à l'émeri.

. Analyse bactériologique

Deux échantillons de 250 ml prélevés aseptiquement dans des flacons stériles. Si l'eau prélevée a été traitée par le chlore ou ses dérivés, les flacons devront contenir 5 à 10 mg d'hyposulfite de sodium stérile par litre. Ces flacons sont, en général, fournis à la demande par le laboratoire.

- Points de prélèvement

Les prélèvements doivent,en général, porter sur le réseau de distribution, en particulier, aux extrémités de celui-ci. Les robinets sont alors débarrassés des brise-jets et raccords de caoutchouc (81)

L'eau d'un puits sera prélevée après un pompage prolongé. Pour les eaux de rivières ou de sources, influencées par la pluviométrie,plusieurs prélèvements sont conseillés (périodes de crues) (27).

- Méthode de prélèvement

Ouvrir le robinet et vidanger la conduite pendant plusieurs minutes de façon à ne prélever que l'eau circulant dans la canalisation.

Pour l'analyse chimique, les flacons stériles devront être remplis complètement sans laisser d'air dans les goulots. Le pH et la dose de CO_2 doivent être effectués sur le terrain, leur valeur pouvant varier pendant le transport.

Pour l'analyse bactériologique, le prélèvement doit être réalise de façon aseptique :

. flamber le robinet avec un tampon de coton,

. flamber le goulot des bouteilles,

. après remplissage, le bouchon de coton sera remplacé par un bouchon de liège stérile.

- Transport des échantillons

La composition de l'eau ne doit pas subir de modifications entre le moment du prélèvement et celui de son arrivée au laboratoire.

La durée du transport doit être très courte. Lorsque la durée du transport doit dépasser une heure, et si la température extérieure est supérieure ou égale à 10°, les échantillons bactériologiques doivent être mis en glacière à une température comprise entre +4 et +6°C.

b) Laboratoires destinataires des échantillons

Les prélèvements sont adressés aux laboratoires agréés pour ce genre d'analyses.

c) Fiche de renseignements

Comme lors de l'envoi d'animaux à un laboratoire de pathologie, tout échantillon d'eau doit être accompagné d'une fiche de renseignements indispensables au laboratoire.

2°) TYPES d'ANALYSES POSSIBLES

La législation française définit trois types d'analyses. (Circulaire du 15 mars 1962, J.O. du 27 mars 1962 - Directive du Conseil des Communautés Européennes, - J.O.Comm.Europ. du 18 septembre 1975).

a) Type I : analyse complète

Examen d'une eau inconnue destinée à une distribution nouvelle.

Cette analyse s'adresse aux syndicats des Eaux pour la distribution publique.

Elle comporte :

- un examen physique,
- un examen chimique
- un examen bactériologique
- éventuellement des recherches spéciales (éléments toxiques ou éléments indésirables)

b) Type II : analyse de surveillance

Ce type d'analyse est le plus couramment demandé.

Il comporte :

- Un examen physique

Limpidité : une eau qui se trouble est, en général, sujette à recevoir des apports d'eau étrangers à la nappe captée

Couleur : les eaux profondes sont rarement colorées

Odeur : doit être nulle.

pH : définit l'agressivité de l'eau vis-à-vis des métaux. Toute eau dont le pH est inférieur à 7 (eau acide) invite à penser que l'eau est agressive.

Résistivité : mesure la minéralisation totale d'une eau

Dureté : (titres hydrométriques) : indique la teneur globale de l'eau en sels de calcium et de magnésium, sels " incrustants ". Il s'agit de bicarbonates, de sulfates, de chlorures. Exprimé en en degré français, le titre hydrométrique doit être inférieur à 30°

- Un examen chimique sur la minéralisation

Détermination de la teneur en :

- carbonates,
- Bicarbonates,
- Chlorures,

- Sulfates
- Calcium
- Magnésium
- Fer

§ Un contrôle chimique de la pollution

Détermination de la teneur en :

- matières organiques
- ammoniaque et sels ammoniacaux
- nitrites
- phosphates
- éventuellement une analyse bactériologique :

dénombrement total des : bactéries
coliformes

recherche et dénombrement des : streptocoques fécaux
clostridium sulfito-réducteurs
bactéries pathogènes

c) Type III : analyse de surveillance réduite

Détermination de la minéralisation et dénombrement des coliformes, des streptocoques fécaux et des clostridium sulfito-réducteurs.

Ce type d'analyse reste trop sommaire pour l'étude d'une eau de boisson.

§ Analyse rapide sur le terrain

Sur le terrain, le technicien peut mettre en oeuvre des procédés simples, suffisamment précis et économiques pour certaines mesures rapides (pH, chlore libre, nitrites, nitrates)

3°) INTERPRETATION DES RESULTATS

Avant de passer en revue les différents corps rencontrés dans l'eau et leur teneur, rappelons quelques définitions.

TURBIDITE

Mesure de la réduction de l'intensité lumineuse d'un rayon traversant un liquide contenant des matières en suspension.

Mesure par solution alcoolique de gomme mastic.

Potabilité : turbidité, en gouttes de mastic inférieure à 15.

pH

Mesure de la concentration des ions H^+ dans l'eau

Potabilité : pH peu différent de 7

RESISTIVITE

Appréciation des matières en solution dans une eau.

Définition en Ohms.

R 10 000 : minéralisation très faible
5 000 à 10 000 : minéralisation faible
3 000 à 5 000 : minéralisation peu accentuée
1 500 à 3 000 : minéralisation moyenne
1 000 à 1 500 : minéralisation importante
R 1 000 : minéralisation excessive.

DEGRE HYDROTIMETRIQUE TOTAL

Le degré d'hydrotimétrique indique la teneur globale de l'eau en sels de calcium et de magnésium qui rendent l'"eau dure ". Il s'agit de bicarbonates, sulfates, chlorures, etc.. des sels alcalino-terreux présents dans l'eau. Le degré d'hydrotimétrique total indique globalement la teneur en sels de calcium et de magnésium.

DEGRE HYDROTIMETRIQUE PERMANENT

Indique la teneur en sulfate et chlorure de calcium et de magnésium

DEGRE HYDROTIMETRIQUE MAGNESIUM

Indique la teneur en sulfate et chlorure de magnésium. Les degrés hydrotimétriques s'expriment en degré français.

TITRE ALCALIMETRIQUE : T.A. et titre alcalimétrique complet : T.A.C.

Indiquent les doses d'hydroxydes, de carbonates ou de bicarbonates alcalins ou alcalino-terreux contenus dans l'eau.

a) Matières en suspension et matières décantables

La limite supportable est celle d'un fonctionnement correct de l'ensemble du circuit d'eau.

Mesures applicables

++ Coagulation : adjonction à l'eau d'un coagulant type sulfate d'alumine, dans un bassin particulier

++ Décantation : décantation statique dans un bac, dont le fond est de préférence incliné.

++ Filtration sur lit filtrant : à prévoir dès que la quantité de matières à retenir devient importante et que la dimension des particules est faible. Les matières utilisées sont le sable, l'anthracite, les schistes.

La lutte contre le colmatage impose un lavage périodique à l'eau.

b) pH

La valeur du pH est à l'origine de la plupart des ennuis imputables à l'eau dans les canalisations.

Si l'acidité de l'eau est insuffisante, des dépôts calcaires se forment par élévation de la température ou évaporation. On peut assister à des phénomènes de corrosion.

Mesures applicables

Neutralisation par du marbre ou mieux avec de la neutralité (grains calibrés de carbonate de calcium et de magnésium) facilement utilisée en couche filtrante rechargeable. A noter que la neutralite assure également l'élimination du fer,s'il est présent en quantité modérée.

Le pH n'a pas, en fait, une grande signification hygiénique (27).

c) Résistivité ou matières dissoutes

Une minéralisation excessive de l'eau peut conduire à un entartrement des canalisations.

Des valeurs élevées peuvent avoir des effets laxatifs avec surconsommation d'eau et ramollissement des matières fécales.

HERRICK, en 1971, estime que la teneur en matières dissoutes ne devrait pas dépasser 2,5g par litre.

L'Environmental Protection Agency aux Etats-Unis (E.P.A), en 1973, admet une valeur de 0,3g par litre.

L'O.M.S.,pour l'Europe, ne fixe pas de valeur limite.

⟩ Mesures applicables

La modification de la composition minérale constitue l'adoucissement. Il peut être réalisé commodément sur résines échangeuses d'ions. La régénération de la résine s'effectue par une solution de chlorure de sodium.

d) Carbonates et bicarbonates

Cette teneur définit l'alcalinité de l'eau. Il n'existe pas de norme relative à l'alcalinité.

e) Chlorures

Normes françaises pour eaux d'adduction : 250 mg/litre.

Les eaux fortement chlorurées sont laxatives et agressives.

L'accélération du transit digestif peut amener à l'expression de carences conditionnées.

⟩ Mesures applicables : adoucissement de l'eau

f) Sulfates

Normes françaises pour eaux d'adduction : 250 mg/litre.

Nous pensons que le seuil à ne pas dépasser est de 1 000mg/l pour l'eau de boisson des animaux ; au-delà, des troubles diarrhéiques permanents s'installent.

⟩ Mesures applicables : adoucissement de l'eau.

g) Calcium

Les normes de potabilité ne fixent pas de limite pour la teneur en calcium. Une eau trop dure facilite les phénomènes d'entartrement.

h) Magnésium

Normes françaises pour eaux d'adduction : 125 mg/litre.

Une eau trop riche en magnésium a une action laxative et une saveur amère.

Les problèmes d'entartrage sont également nombreux.

Mesures applicables : adoucissement de l'eau

i) Fer

Normes françaises pour eaux d'adduction : 0,2 mg/litre

Pas d'inconvénient à signaler chez les animaux en dehors de la production du veau de boucherie (81).

j) Matières organiques

La pollution par les matières organiques dégradables ou non est essentiellement due aux rejets industriels et aux rejets des populations humaines et animales.

Les matières organiques qui se trouvent dans l'eau la rendent presque toujours mauvaise, même lorsqu'elles n'y sont qu'en petites quantités; elles s'y décomposent et donnent naissance à des produits qui communiquent au liquide une couleur verdâtre, une odeur putride et une saveur, en général, désagréable (102).

La présence de matières organiques dans les eaux d'alimentation est, par elle-même, sans danger,mais elle est souvent le témoin d'une contamination microbienne ; celles-ci peuvent résulter d'infiltrations ou de contaminations par les cadavres de petits animaux ou encore de la pollution, par les urines ou les fecès, des points d'abreuvement trop exigus par rapport à la population animale. Pour des raisons analogues, l'eau d'abreuvement peut jouer un rôle capital dans les infestations parasitaires (110).

Les matières organiques mises en évidence par K MnO_4 seront à un taux inférieur à 2 mg. Les chlorures proviennent du sol, mais,le plus souvent, des infiltrations de matières fécales et d'urines. Ils indiqueront

une forte contamination si leur taux dépasse 50 ou 60 mg/l.

Provenant de la minéralisation des matières organiques, les nitrates associés aux nitrites et à NH_4^+ seront aussi l'indice d'une forte contamination (94).

Une eau riche en matière organique doit toujours être suspectée de contamination bactériologique (27).

La pollution sera principalement jugée par l'analyse bactériologique.

Mesures applicables : le problème des matières organiques est difficile à résoudre. Peuvent intervenir la coagulation ou/ et la filtration sur charbon actif.

k) Azote, ammoniaque et sels ammoniacaux

L'ammoniaque constitue une étape du cycle complexe de l'azote. En général, la présence d'ammoniaque dans une eau souterraine est une présomption de mauvaise filtration. La présence de grandes quantités d'azote ammoniacal indique une contamination récente par les micro-organismes en décomposition. On doit donc craindre une contamination bactériologique à vérifier par une analyse spéciale. Par passage de l'eau dans le sol et sous l'influence de certaines bactéries, l'azote ammoniacal se transforme en azote nitreux puis en azote nitrique. Une eau pauvre en ammoniaque et riche en nitrates indique donc qu'elle a subi une filtration et une épuration efficaces dans le sol. On ne doit, cependant, pas condamner à priori une eau qui contient de l'ammoniaque.

Certaines eaux profondes peuvent, cependant, être riches en NH_4OH sans être pour cela nécessairement des eaux polluées.

L'ammoniaque est favorable au développement de certaines bactéries qui sont à leur tour génératrices de mauvais goût (27).

Les limites généralement acceptées pour l'eau d'alimentation sont comprises entre 0,05 et o,1 mg par litre.

l) Nitrites

Les nitrites s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Leur présence est due soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates.

Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates.

Normes françaises pour eaux d'adduction : 0,1 mg/l.

L'Environmental Protection Agency aux U.S.A. admet pour les animaux jusqu'à 10 mg/l.

Les nitrites peuvent être transformés en nitrates par l'action du chlore.

m) Nitrates

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique.

Ils proviennent en grande partie, de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol. Une eau trop riche en nitrates peut provoquer une inflammation des muqueuses intestinales. Une dose importante de nitrates n'est pas désirable pour l'eau potable, les nitrates comme d'ailleurs les nitrites sont à l'origine de la formation de méthémoglobine dans le sang qui n'a plus le pouvoir de fixer l'oxygène. Des doses de 10.20 mg/l d'azote nitrique seraient déjà dangereuses spécifiquement pour les jeunes (27).

La norme française pour les eaux d'adduction est de : 10 mg/l

l'Environmental Protection Agency admet jusqu'à 100 mg/l de nitrites + nitrates pour l'eau destinée aux animaux.

Les nitrates sont difficilement éliminables d'une eau.

Une eau riche en nitrates doit être particulièrement surveillée dans sa stérilisation et dans sa contamination par ruissellement (81).

n) CO_2 libre

Il améliore le goût de l'eau (27).

o) Analyse bactériologique

Si les eaux vierges sont à peu près stériles, certaines eaux profondes contiennent parfois un nombre élevé de germes sans présenter pour cela une contamination organique dangereuse (27).

L'analyse bactériologique a pour but :

- le dénombrement total des bactéries,
- la recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, des streptocoques fécaux, des clostridium sulfito-réducteurs
- la recherche des bactériophages fécaux
- la recherche des bactéries pathogènes.

Bactéries, coliformes, streptocoques fécaux et clostridium sulfito-réducteurs sont des témoins directs de contamination d'origine fécale.

&) Dénombrement total

Une eau sans germe est une eau dite " pure "

Le dénombrement total est peu important. Parfois, les eaux souterraines les mieux protégées contiennent toujours des bactéries ne provenant pas de la surface, mais capables de se multiplier in situ (équilibre économique de la nappe). Ce sont souvent des bactéries inoffensives en nombre faible 10 à 50 bactéries au ml (pouvant atteindre 10 000 sans inconvénient).

Dans une analyse un chiffre isolé est sans intérêt.

Toute variation brusque est un signe de pollution de la nappe par des eaux superficielles.

Parfois un dénombrement total par culture à 37°C met en évidence des bactéries potentiellement capables de se développer chez l'animal (30).

1) Germes test de contamination fécale

.Définitions :

SENSIBILITE : d'autant plus grande que le germe considéré est plus abondant dans les fecès ou eaux résiduaires

RESISTANCE : explique la survie plus ou moins longue du microbe dans les milieux extérieurs.

SPECIFICITE : indique l'origine strictement fécale du témoin de contamination.

. Les coliformes :

Escherichia coli est un témoin très sensible, très spécifique et peu résistant

Il implique une contamination fécale récente.

Toute eau contenant au moins un Escherichia coli dans 50 ml est impropre à la consommation humaine.

Les eaux de surface sont habituellement classées de la façon suivante :

Bonnes : moins de 70 coliformes pour 100 ml

Moyennes : de 70 à 500

Douteuses : de 500 à 700

Très mauvaises : plus de 700 (MUREAU) (81).

L'Environmental Protection Agency admet jusqu'à 5 000 coliformes pour 100 ml dans l'eau destinée à l'abreuvement des animaux.

Les groupes "E" sont intermédiaires. Aerobacter peut parfois être d'origine fécale. Pour le considérer comme tel, il faudra qu'il coexiste dans l'eau avec d'autres témoins microbiens de souillure fécale : Escherichia coli, entérocoques, Clostridium perfringens, bactériophages fécaux.

. Entérocoques :

Ce sont des témoins peu sensibles, peu résistants et de spécificité moyenne. Leur coexistence avec un autre test microbien confirme la souillure fécale.

. Clostridium perfringens

C'est un test peu sensible, bien spécifique et particulièrement résistant. Car le germe est anaérobie sporulé. Il est le meilleur témoin des contaminations anciennes ou intermittentes. Sa permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle.

. Bactériophages fécaux

Témoins d'une bonne sensibilité, ils sont spécifiques et leur résistance dépend de la composition chimique de l'eau. Leur présence simultanée avec un autre germe test de souillure fécale vient confirmer cette dernière. Trouvés seuls, ils ne peuvent qu'entraîner la suspicion de l'eau. On les trouve surtout après les grandes pluies.

REMARQUES

Dans les contaminations fécales récentes ou entretenues, tous les germes témoins sont présents. Dans les souillures intermittentes ou anciennes (grandes pluies par exemple), tous les germes tests ne sont pas mis en évidence d'autres examens seront nécessaires (27)

. Bdellovibrio bacteriovirus

Découvert en 1973 par STOLP et PETZOLD, Bdellovibrio bacteriovirus est un agent épurateur des eaux encore mal connu. C'est un parasite essentiellement des bactéries gram négatif et occasionnellement des gram positifs et des entérovirus. FERRO et coll. ont montré que Bdellovibrio bacteriovirus se trouve en grande quantité dans les eaux d'égouts : c'est-à-dire dans des eaux très polluées. La concentration de ce prédateur en eau de rivière varie en fonction de la pollution de ces eaux par les germes pathogènes.

Une corrélation entre le nombre de coliformes et le nombre de Bdellovibrio est observée uniquement aux points où la pollution par les germes est maximale.

SIDORENKO observe que la densité en Bdellovibrio augmente en été au moment où les germes pathogènes se multiplient plus rapidement grâce à une augmentation de la température.

Les observations de ces remarques permettent de confirmer l'idée de GUELIN et CABIOCH selon laquelle, pour connaître le degré de pollution d'une eau par des germes pathogènes, il suffirait d'effectuer un comptage de Bdellovibrio (11).

CONCLUSION

Les normes françaises pour l'eau d'adduction collective et celles indiquées par l'Environmental Protection Agency pour l'eau de boisson des animaux sont résumées dans le tableau suivant :

TABLEAU N°7

Eaux d'adduction collective : Normes françaises		Eau de boisson pour animaux E.P.A. - 1973
-	Carbonates en CO_3	
-	Bicarbonates en CO_3H	
250,0 mg/l	Chlorures en Cl	
250,0 mg/l	Sulfates en SO_4	
-	Calcium en Ca	
125,0 mg/l	Magnésium en Mg	
0,2 mg/l	Fer en Fe	Sans limite
2,0 mg/l	Minéraux totaux	0,3 g/l
-	Matières organiques en O	
-	Ammoniaque et sels ammoniacaux en NH_3	
0,1 mg/l	Nitrites en NO_2	10,0 mg/l
10,0 mg/l	Nitrates en N	
-	Nitrates et nitrites	100,0 mg/l
-	Phosphates en P_{205}	
0,1 mg/l	Plomb en Pb	0,1 mg/l
0,05 mg/l	Sélénium en Se	0,05 mg/l
1,0 mg/l	Fluorures en F	2,00 mg/l
1,05 mg/l	Arsenic en As	0,2 mg/l
Doses inférieures au seuil de détermination	Chromes Cyanures	1,0 mg/l
1,0 mg/l	Cuivre en Cu	0,5 mg/l
0,1 mg/l	Manganèse en Mn	sans limite
5,0 mg/l	Zinc en Zn	25,0 mg/l
Néant	Composés phénoliques (en phénols)	
-	Aluminium	5,0 mg/l
-	Bore	5,0 mg/l

Eaux d'adduction collective : Normes françaises		Eau de boisson pour animaux E.P.A- 1973
-	Cadmium	50,0 mcg/l
-	Mercure	1,0 mcg/l
-	Molybdène	sans limite
-	Vanadium	0,1 mg/l
moins de 500/100 ml	Coliformes	moins de 5000/ 100 ml(9).

Normes françaises pour l'eau d'adduction collective et normes de l'Environmental Protection Agency aux U.S.A. pour l'eau de boisson des animaux (Mureau) (81).

Les normes indiquées par les directives communautaires sont exprimées dans les tableaux suivants :

TABLEAU N°8

Paramètres (1)	Expression des résultats (2)	Valeurs communautaires			Observations (6)
		Niveau guide (NG) (3)	Concentration maximale admissible (CMA) (4)	Concentration minimale requise (CmR) (5)	
..ouleur	unité Pt mg/l	5	20		recours possible à CMAE
Turbidité	degré silice mg/l	5	10		– soit en unité Jackson NG 0,1 CMA 0,3 – mesure remplacée en certaines circonstances par celle de la transparence, évaluée en metres au disque de Secchi – valeurs indicatives NG 6 CMA 2
Odeur	taux de dilution	0	2 à 12 °C 3 à 25 °C		à rapprocher des déterminations gustatives
Saveur	taux de dilution	0	2 à 12 °C 3 à 25 °C		à rapprocher des déte. minations olfactives
Tempé:ature (fraîcheur)	degré centigrade	12	25		recours possible à CMAE

Projet de directive du Conseil des Communautés Européennes
(Extrait de J.O.C. Europ. 18/9/1975).
Normes pour l'eau potable. Facteurs organoleptiques.

TABLEAU N° 9

Paramètres (1)	Expression des résultats (2)	Valeurs communautaires			Observations (6)
		Niveau guide (NG) (3)	Concentration maximale admissible (CMA) (4)	Concentration minimale requise (CmR) (5)	
pH	unités pH	6,5-8,5	9,5	6,00	$pH_{i.s.} = 0$ (index de saturation)
Conductivité	µS/cm	400	1 250		– recours possible à CMAE – valeurs correspondantes de la résistivité : en Ohm/cm : 2 500 – 800
Minéralisation totale	résidu sec mg/l		1 500		recours possible à CMAE
Dureté totale	degré hydrotimétrique D° F.	35		10	
Calcium	Ca : mg/l	100		10	
Magnésium	Mg : mg/l	30	50	5	
Sodium	Na : mg/l	< 20	100		recours possible à CMAE
Potassium	K : mg/l	< 10	12		recours possible à CMAE
Aluminium	Al : mg/l		0,05		recours possible à CMAE
Alcalinité	CO_3H mg/l	30			
Sulfates	SO_4^- mg/l	5	250		recours possible à CMAE
Chlorures	Cl^- mg/l	5	200		recours possible à CMAE
Nitrates	NO_3^- mg/l		50		– < 15 mg/l pour les eaux embouteillées ou non, utilisées pour le coupage des biberons – recours possible à CMAE
Nitrites	NO_2^- mg/l		0,1		
Ammoniaque	NH_4^+ mg/l	0,05	0,5		
Azote Kjeldahl	N^+ mg/l (N de NO et NO_3 exclus)	0,05	0,5		

Projet de directive du Conseil des Communautés Européennes (Extrait de J.O.C. Europ. 18/9/1975)- Normes pour l'eau potable. Facteurs physico-chimiques.

TABLEAU N°10

	Paramètres		A1 G	A1 I	A2 G	A2 I	A3 G	A3 I
1	pH		6,5-8,5		5,5-9		5,5-9	
2	Coloration (après filtration simple)	mg/l échelle Pt	10	20 (O)	50	100 (O)	50	200 (O)
3	Matières totales en suspension	mg/l MES	25					
4	Température	°C	22	25 (O)	22	25 (O)	22	25 (O)
5	Conductivité	$\mu s/cm^{-1}$ à 20 °C	1 000		1 000		1 000	
6	Odeur	(facteur de dilution à 25 °C)	3		10		20	
7°	Nitrates	mg/l NO_3	25	50 (O)		50 (O)		50 (O)
8 (1)	Fluorures	mg/l F	0,7/1	1,5	0,7/1,7		0,7/1,7	
9	Chlore organique total extractible	mg/l Cl						
10°	Fer dissous	mg/l Fe	0,1	0,3	1	2	1	
11°	Manganèse	mg/l Mn	0,05		0,1		1	
12	Cuivre	mg/l Cu	0,02	0,05 (O)	0,05		1	
13	Zinc	mg/l Zn	0,5	3	1	5	1	5
14	Bore	mg/l B	1		1		1	
15	Béryllium	mg/l Be						
16	Cobalt	mg/l Co						
17	Nickel	mg/l Ni						
18	Vanadium	mg/l V						
19	Arsenic	mg/l As	0,01	0,05		0,05	0,05	0,1
20	Cadmium	mg/l Cd	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005
21	Chrome total	mg/l Cr		0,05		0,05		0,05
22	Plomb	mg/l Pb		0,05		0,05		0,05
23	Sélénium	mg/l Se		0,01		0,01		0,01
24	Mercure	mg/l Hg	0,0005	0,001	0,0005	0,001	0,0005	0,001
25	Baryum	mg/l Ba		0,1		1		1
26	Cyanure	mg/l CN		0,05		0,05		0,05
27	Sulfates	mg/l SO_4	150	250	150	250 (O)	150	250 (O)
28	Chlorures	mg/l Cl	200		200		200	
29	Agents de surface (réagissant au bleu de méthylène)	mg/l (lauryl-sulfate)	0,2		0,2		0,5	
30° (2)	Phosphates	mg/l P_2O_5	0,4		0,7		0,7	
31	Phénols (indice phénols) para-nitraniline 4 aminoantipyrine	mg/l C_6H_5OH		0,001	0,001	0,005	0,01	0,1
32	Hydrocarbures dissous ou émulsionnés (après extraction par éther de pétrole)	mg/l		0,05		0,2	0,5	1
33	Carbure aromatique polycyclique	mg/l		0,0002		0,0002		0,001
34	Pesticides – total (parathion, HCH, dieldrine)	mg/l		0,001		0,0025		0,005
35°	Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l O_2					30	
36°	Taux de saturation en oxygène dissous	% O_2	> 70		> 50		> 30	
37°	Demande biochimique en oxygène (DBO_5) à 20 °C sans nitrification	mg/l O_2	< 3		< 5		< 7	
38	Azote Kjeldahl (NO_3 excepté)	mg/l N	1		2		3	
39	Ammoniaque	mg/l NH_4	0,05		1	1,5	2	4 (O)
40	Substances extractibles au chloroforme	mg/l SEC	0,1		0,2		0,5	
41	Carbone organique total	mg/l C						
42	Carbone organique résiduel après floculation et filtration sur membrane (5 μ) TOC	mg/l C						
43	Coliformes totaux 37 °C	/100 ml	50		5 000		50 000	
44	Coliformes fécaux	/100 ml	20		2 000		20 000	
45	Streptocoques fécaux	/100 ml	20		1 000		10 000	
46	Salmonelles		absence ds 5 000 ml		absence ds 1 000 ml			

I = impérative.
G = guide.
O = circonstances climatiques ou géographiques exceptionnelles.
° = voir article 8 sous d).

(1) Les valeurs indiquées constituent les limites supérieures déterminées en fonction de la température moyenne annuelle (température élevée et température basse).
(2) Ce paramètre est inséré pour satisfaire aux exigences écologiques de certains milieux.

Qualités d'eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire

Directive du Conseil des Communautés Européennes (Extrait du J.O.C.Europ. 18/9/1975)

Les eaux qui ont des teneurs importantes en certaines substances peuvent être bues en moindre quantité ou devenir dangereuses (HERRICK.1971). Aux U.S.A., on considère que l'eau pour le bétail est bonne lorsqu'elle contient moins de 2,5 g/l de substances en solution, mais les animaux peuvent en tolérer jusqu'à 15 g/l. Les concentrations à ne pas dépasser seraient de 10 g/l pour le Na Cl (chute de l'ingestion), de 1 g/l pour les sulfates (diarrhées..) et de 50 à 100 ppm pour les nitrates (méthémoglobinémie). Il faut aussi éviter les eaux polluées par les pesticides, des agents infectieux et des parasites.

En conclusion, il est souhaitable de laisser en permanence de l'eau de bonne qualité à la disposition des animaux (49).

IV) Qualite de l'Eau et Pathologie

Les conséquences de la pollution de l'eau peuvent porter sur l'abreuvement des animaux (affections parasitaires, troubles nutritionnels, affections bactériennes et virales) (60).

1°) MINERALISATION DES EAUX

La composition minérale de l'eau de boisson est directement influencée par les sols dont elle provient et qu'elle a traversés. Cette considération est particulièrement importante dans le cas des sels de calcium. Ce rôle indirect de l'eau dans la nutrition est encore accru du fait que la nature de la végétation et sa minéralisation sont influencées par la nature du sol de sorte que, en l'absence d'apports extérieurs amendements et engrais, l'alimentation minérale des herbivores est étroitement dépendante de la minéralisation des eaux.

On a discuté, dans le cas des animaux domestiques, les inconvénients de la consommation d'eau très minéralisée ; il ne semble pas que des dangers particuliers puissent résulter de la consommation d'eaux saumâtres sous réserves qu'elles ne contiennent pas de substances toxiques.

A l'opposé des inconvénients par excès, il faut citer les carences minérales des eaux, notamment en iode qui compromettent l'élevage dans certaines régions (fertilité,croissance).

2°) LES EAUX RESIDUAIRES

Parmi les eaux résiduaires dangereuses, il faut mentionner spécialement celles qui proviennent d'établissements où l'on travaille des produits à base de plomb, d'arsenic, de cuivre, de zinc, de cadmium, d'aluminium; de telles eaux, ingérées par les animaux, produisent des troubles toxiques dont la physionomie est celle d'accidents causés par les poisons qu'elles contiennent (65).

Il est souvent difficile de définir les doses convenables et les doses limites des éléments que l'on trouve communément dans l'eau tel que le calcium, magnésium, fer, chlorures, sulfates, etc.. car la quantité que l'on est susceptible d'ingérer avec l'eau de boisson est habituellement faible par rapport à celle qui se trouve comprise dans l'alimentation.

Il est cependant, des eaux résiduaires qui, sans être à proprement parler toxiques, n'en sont pas moins responsables de troubles sérieux ou bien d'une baisse de production due à des caractères organoleptiques, tels qu'elles répugnent aux animaux: de ce fait, ceux-ci n'en consomment que des quantités insuffisantes pour couvrir leurs besoins. C'est le cas, entre autres, pour celles qui proviennent des laiteries, des beurreries, des tanneries et de bon nombre d'autres industries.

Pour illustrer ces faits, nous citerons un procès où il était question d'établir la nocivité des eaux résiduaires d'une beurrerie, riches en acide sulfhydrique et qui traversaient une pâture pour se déverser ensuite dans un étang. Les productions du bétail, qui devait se contenter de cette boisson, étaient manifestement inférieures à la normale, sans que l'on put toutefois parler d'intoxication proprement dite : en effet, l'acide sulfhydrique est toxique, s'il est absorbé par les voies respiratoires, mais non par voie digestive, de telle sorte que la chute de production tenait plus à l'aversion éprouvée par les animaux qu'à des propriétés toxiques de ces eaux.

Il s'agit là, d'ailleurs, d'une notion sur laquelle le professeur ZWAENPOEL insistait déjà en 1914 dans son Traité d'Hygiène.

Toujours à propos de pollution des eaux, nous croyons opportun de signaler un agent de pollution réellement d'actualité : le mazout. En ces dernières années, des problèmes se sont posés au sujet de chute de rendement chez les bovins obligés de s'abreuver à des ruisseaux pollués par du mazout. La place que celui-ci occupe dans la vie moderne est suffisamment importante pour que le toxicologue vétérinaire lui accorde quelque attention.

Deux questions se posent : à savoir, d'abord, si le mazout est réellement toxique dans les conditions où il est ingéré ; ensuite, dans la négative, si sa présence dans l'eau d'abreuvement peut être une source de dommages pour le propriétaire des animaux par suite des baisses de production chez ces derniers.

En ce qui concerne la toxicité du mazout, elle est liée à la complexité de sa composition : sans pouvoir nous étendre ici sur ce problème, retenons toutefois qu'il y a lieu de tenir compte de la présence des bases pyridiques, de phénol, de naphtol, d'anthracène, et d'hydrocarbures à longue chaîne; toutefois, on ne peut envisager l'éventualité de l'ingestion du mazout tel quel par les animaux ; en réalité, la question de la nocivité ne se pose que pour les eaux souillées par ce produit : elle est réelle si l'on tient compte, comme précédemment, des caractères organoleptiques de ces eaux.

Des questions semblables ont été posées à propos des eaux résiduaires d'une blanchisserie, renfermant du carbonate et du silicate de soude, des polyphosphates, des alcools gras sulfonés. Dans ce cas, également, il y a lieu de considérer, d'une part les agents de pollution, d'autre part les caractères organoleptiques de ces eaux.

Ces quelques exemples montrent que la pollution des eaux résiduaires pose des problèmes très complexes au toxicologue vétérinaire qui doit faire la part des substances à proprement parler toxiques et dosables, mais également,même en l'absence de ces dernières , des caractères organoleptiques de telles eaux, car, à eux seuls, ils peuvent causer de sérieux préjudices aux propriétaires des animaux.

3°) TOXICOLOGIE DES CORPS MINERAUX

Dans les pays très chauds et secs, dans lesquels les animaux peuvent être amenés chaque jour à consommer de grandes quantités d'eau, la minéralisation de celle-ci peut jouer un rôle important (27).

Les corps qui altèrent l'eau sont quelquefois en suspension : matières terreuses qui la troublent et la rendent lourde, indigeste. Certaines eaux, particulièrement chargées en corpuscules minéraux sont capables d'occasionner des accidents gastro-intestinaux précisément connus sous le nom de " coliques de sable ".

Les sels ferreux, le sulfate de chaux, en particulier, que l'on trouve parfois en quantités relativement considérables dans les eaux, rendent celles-ci crues et indigestes, et peuvent les altérer assez pour qu'elles soient susceptibles de déterminer des troubles lorsque leur usage est longtemps prolongé (102).

L'altération de l'eau d'abreuvement s'applique à de nombreuses substances toxiques d'origine industrielle qui sont souvent généreusement et imprudemment déversées dans les eaux.

a) le plomb

L'intoxication par le plomb s'appelle le saturnisme et se traduit essentiellement par des troubles intestinaux. La présence de plomb dans l'eau de boisson a souvent pour origine sa dissolution dans les branchements. Ce phénomène se produit quand le branchement est neuf, mais il cesse au bout d'un certain temps par suite de formation d'une couche d'hydroxyde de plomb insoluble protectrice du métal.

Une eau qui a séjourné une nuit dans un tuyau de plomb neuf peut contenir au matin plusieurs mg/l de plomb en solution et il est recommandé avant de prélever de l'eau, de faire couler à l'égout la première eau puisée après un repos de plus d'une heure pour rincer le branchement de plomb et ceci pendant les deux ou trois premiers mois de sa mise en service. Cette simple précaution supprime tout risque d'accident de saturnisme car la

vitesse de dissolution du plomb est faible.

Les eaux qui contiennent une dose trop faible de bicarbonate de calcium (moins de 6° alcalimétriques) ne donnent pas naissance à la couche protectrice d'hydrocarbonate de plomb, ou tout au moins la formation de celle-ci est-elle très lente. Ce risque de saturnisme est donc toujours à craindre lorsque les branchements sont en plomb et il faut toujours veiller à rejeter la première eau puisée avant de s'en servir. Avec de telles eaux il faut, de préférence, exécuter des branchements en cuivre (27).

b) Le fluor

C'est un élément qui intervient dans la résistance aux caries dentaires. Des doses supérieures à 1 mg/l entraîneraient des taches sur l'émail des dents (27).

On connaît les graves inconvénients que présentent les eaux riches en fluor du fait de leur origine naturelle ou du fait des contaminations dont elles peuvent être l'objet(110). L'excès de fluor est à l'origine de lésions osseuses graves (Darmous)

c) Arsenic

La littérature relate la mort de plusieurs veaux de lait par intoxication arsenicale aiguë à la suite de l'ingestion pendant plusieurs semaines d'une eau polluée par des déchets riches en arsenic (4,8mg/l). L'intoxication chronique par l'arsenic entraîne des troubles nutritionnels par insuffisance hépatique, néphrite chronique, entérite ou par atteinte thyroïdienne. Il en résulte un état de cachexie plus ou moins grave (maigreur, hydrohémie, hydrocachexie).

BUCY et coll. (1954/1955) ont démontré que, chez des animaux ayant absorbé des taux très élevés d'arsenic dans leur ration (0,02%), si l'ingestion est stoppée au moins 6 jours avant l'abattage, les taux résiduels dans les divers tissus sont très bas et semblables à ceux trouvés chez des animaux témoins (56).

d) Le zinc

Les auteurs ont observé, au cours de plusieurs années, des troubles digestifs caractérisés par une constipation chronique et une diminution de la production laitière dans un troupeau sélectionné de vaches jersiaires. Les recherches entreprises pour déceler la cause de ce trouble ont abouti à la mise en évidence dans l'eau d'abreuvement, d'une quantité excessive de zinc provenant des réservoirs galvanisés contenant de l'eau.

Il semble que le zinc est été libéré par une action électrolytique établie entre les parois galvanisées et la tuyauterie en cuivre. Le fait d'enduire la paroi des réservoirs d'une peinture à base de bithume a permis de supprimer cette action électrolytique. On a alors assisté à la disparition des troubles digestifs et au retour d'une production laitière normale chez tous les animaux du troupeau (89).

e) Cadmium

La concentration de cadmium dans les eaux naturelles est généralement basse et non toxique (0,05 - 0,20 µg.l). Bien entendu, une contamination naturelle peut avoir lieu lorsque les eaux sont au contact de gisements métalliques de zinc, de plomb ou même de cuivre. La pollution de l'eau de boisson est due à la dissolution du cadmium des conduites d'adduction galvanisées ou soudées avec des alliages de cadmium. La qualité de l'eau influence la capacité de mise en solution du cadmium : une eau douce et acide solubilisera davantage le cadmium qu'une eau dure et basique. Le Comité Mixte d'Experts F.A.O./O.M.S. recommande un taux de cadmium inférieur à 5 µg.kg pour l'eau de boisson.

L'intoxication aiguë par le cadmium provoque des symptômes gastro-intestinaux avec diarrhée et asthénie. L'intoxication chronique par le cadmium provoque des effets respiratoires (bronchite chronique), des effets cardiaques(hypertension), des lésions rénales (insuffisance), des lésions osseuses (ostéomalacie).

Le cadmium réduit l'absorption du fer et du cuivre dans l'intestin. Il peut se substituer au calcium entraînant une déficience secondaire en celui-ci.

f) Baryum

L'eau ne doit pas en contenir plus d'1 mg/l.

g) Sodium

Il n'a pas de signification hygiénique, mais les eaux saumâtres qui en contiennent beaucoup ont un mauvais goût (27)

h) Cyanure

La concentration limite est 0,01 mg/l, mais les nouveaux standards aux U.S.A. tolèrent jusqu'à 0,2 mg/l/

i) Chrome hexavalent (K_2Cr_{207})

La dose limite est de 0,05 mg/l. Le chrome trivalent $(SO_4)3Cr_2$ est inoffensif.

Sulfates inorganiques

Une eau de boisson ne doit pas contenir plus de 350 ppm de sulfates inorganiques. Un excès de ceux-ci associé à un excès de molybdène dans la ration induit une carence secondaire en cuivre par formation d'un complexe cuivre-molybdène peu soluble appelé lindgrenite et une excrétion urinaire accrue du cuivre sous l'effet de l'ion sulfate. Cette carence secondaire en cuivre peu provoquer des cas d'ataxie chez le nouveau-né (101).

k) Eléments radio-actifs naturels

La limite admissible serait :
de 10^{-6} microcuries par litre pour les émetteurs alpha
et de 10^{-5} microcuries par litre pour les émetteurs bêta

l) Produits chimiques volontairement ajoutés à l'eau

Le sulfate d'alumine est probablement inoffensif. De même, le doute sur le chlore n'est pas justifié (27).

4°) BACTERIES PATHOGENES DES EAUX

Le ruissellement entraîne les germes plus ou moins pathogènes persistant sur le sol vers les mares, les étangs, les rivières. Une partie de ces germes est infiltrée et peut contaminer les nappes aquifères qui servent à l'alimentation des animaux.

L'attention des exploitants agricoles doit être particulièrement attirée sur le danger que représente le rejet des résidus dans la nature (73).

Un animal peut ingérer une eau polluée sans pour cela être la proie d'une maladie infectieuse vu qu'interviennent les barrières et les défenses de l'organisme. Il y a maladie si le germe est présent et quand il y a défense défectueuse de l'organisme : coïncidence rare.

Mais cette lutte de l'organisme contre la pollution ingérée induit une diminution des performances zoo-techniques (30).

Dans l'eau, les agents des maladies les plus dangereuses sont présents en très petit nombre et par intermittence et leur durée de survie est courte. Il est à peu près impossible d'affirmer leur absence dans une eau destinée à la consommation. Les maladies les plus dangereuses, véhiculées par l'eau sont dues à des bactéries qui se développent dans le tube digestif des mammifères et qui gagnent les nappes d'eau par l'intermédiaire des matières fécales : thyphoïde (salmonelles), dysenterie bacillaire (shigelles), choléra (vibrions) (30).

L'eau contaminée par des infiltrations (urines, fumiers, litières..) véhicule souvent les agents des parathyphoïdes, responsables, dans de nombreux cas, des entérites diarrhéiques et, même, des septicémies des jeunes animaux(102).

Les contaminations microbiennes véhiculées par l'eau n'atteignent pas spécifiquement une production déterminée, mais elles peuvent les compromettre indirectement du fait des affections aiguës ou chroniques dont elles sont la

cause. Dans ces considérations d'hygiène générale, l'eau joue un rôle passif (110).

La transmission hydrique des maladies bactériennes doit entraîner des mesures prophylactiques.

L'eau peut être soit une réserve, le germe est apporté de façon régulière et peut rencontrer desconditions favorables à son développement, soit un véhicule, le germe est alors apporté de façon occasionnelle et il ne rencontre que des conditions favorables à sa survie.

- *a) Tuberculose*

En ce qui concerne cette maladie, l'abreuvement en commun est une des causes les plus fréquentes de contamination(102). Deux exemples précis observés par G.MAINE dans le Nord, sont, à ce sujet, démonstratifs.

OBSERVATION N°1

Un troupeau précédemment indemne de tuberculose a réagi à la tuberculine après son introduction dans un herbage situé au bord d'un ruisseau. A peu de distance en amont se trouve le sanatorium de Felleries-Liesser le ruisseau reçoit la totalité des eaux de cet établissement.

L'analyse de l'eau du ruisseau avec recherche des mycobactéries et leur typage chez les bovins aurait peut être fourni une preuve encore plus absolue. Selon S.HELLERSTROM, l'eau peut contenir des bacilles de Koch dans un rayon de 2 000 mètres autour d'un sanatorium.

OBSERVATION N°2

L'étable de M. R.P.. de B.. patentés depuis 1959 a été réinfectée en mars 1964 par suite de la rupture de la citerne à excréments d'un établissement voisin. Le contenu de cette citerne s'est répandu sur une pâture où paissait le bétail de l'exploitation (22 réagissants dans l'effectif de 43 animaux de l'espèce bovine).

G.MAINE étudia les facteurs géographiques. Dans les régions où le relief est peu important les rivières manquent de débit,ce qui est un

facteur favorable à la tuberculose.Lorsque le sol est imperméable comme dans le nord,lors de crues, les eaux d'inondation persistent. On observe une diminution de la maladie dans les régions asséchées.

Quand le sol est perméable, on assiste à une contamination de la nappe aquifère et la maladie augmente d'intensité dans les régions à sol perméable.

G. MAINE constate un " parallélisme " entre la fréquence de la tuberculose bovine et l'intensité de la pollution par deux aspects : la pollution chimique, par sa toxicité pour l'animal, affaiblit son terrain; la pollution biologique liée au tout-à-l'égoût qui diffuse une flore microbienne pathogène avec, en particulier, des bacilles de Koch qui persistent et résistent dans ces eaux, peut déterminer des cas de tuberculose bovine (en particulier dans l'observation n°1).

C'est ainsi qu'il explique que la tuberculose bovine est toujours plus forte en aval des agglomérations urbaines et industrielles; selon A.CALMETTE, les phénomènes de désintégration qui s'accomplissent dans les eaux d'égoûts ne détruisent les bacilles tuberculeux que très lentement.

Selon J.VIALLIER la conservation de Mycobacterium bovis dans les eaux courantes serait plus longue que pour le BK humain. La contamination des eaux par les animaux atteints peut se faire par le jetage et la salive , en particulier, dans la forme pulmonaire, les excréments constituent également des matières virulentes par suite de la résistance du Mycobacterium alcoolo-acido-résistant qui résiste au pH de l'estomac. SIVORI avait montré, il y a déjà longtemps, l'excrétion de produits virulents au moment de l'abreuvement et il a démontré la présence des BK dans les eaux souillées de cette façon.

La prophylaxie a annulé une partie de la source de pollution de l'eau par les mycobactéries de type bovin.

Le problème de l'eau et de la tuberculose bovine est compliqué par la présence de mycobactéries atypiques dans les fleuves, ruisseaux, étangs, abreuvoirs (en particulier Mycobacterium vaccae).

La répercussion pathologique de ces mycobactéries atypiques est faible, mais leur répercussion allergique chez les bovins est particulièrement néfaste dans le dépistage de la tuberculose et également de la maladie de Johne (60).

b) La brucellose

Les observations décrites montrant une origine hydrique de la brucellose sont peu nombreuses.

KLING dans le district de Rimbo, province d'Uplana, en Suède, décrit l'apparition de la maladie dans 54 fermes. Pour 14 d'entre elles, il est certain de l'absence d'introduction d'un animal contamineur, mais pour les autres, ce n'est qu'une bonne probabilité, mais ce sont les fermes atteintes qui sont placées au voisinage d'un même cours d'eau alors que la maladie ne sévit pas dans celles qui en sont éloignées. Ces conditions donnent à penser à une origine hydrique.

La contamination hydrique d'animal à animal au sein d'un même troupeau, à la faveur d'un abreuvement ou d'un simple contact hydrique paraît probable (60).

c) Botulisme

En ce qui concerne cette maladie, il y a apport de toxines par l'eau bien que cette dernière apporte également des spores botuliniques et qu'il semble que ce soit l'association spores, toxines qui est la plus souvent responsable de l'apparition de la maladie (60).

Le germe responsable est hydrotellurique. L'élaboration de la toxine est favorable dans les eaux fongueuses des mares, étangs et lacs. Les foyers actifs de décomposition des matières organiques d'origine animale ou végétale dans ces eaux, surtout si elles sont peu profondes, à pH alcalin ou légèrement acide sont particulièrement favorables au développement de la clostridie et à la formation de sa toxine.

De plus, les pseudomonas, en déterminant par leur développement l'anaérobiose et le pH convenable pour un bon développement peuvent être considérés comme vivant en symbiose bactérienne de cette dernière. PREVOST, en 1907, avait entrevu la nature réelle de cette maladie en observant de la paralysie avec constipation opiniâtre sur des vaches laitières nourries dans l'est avec des eaux grasses.

L'eau sera véhicule de botulisme après sa pollution par les excréments, les porteurs et excréteurs de spores, les animaux sains ou malades et enfin les cadavres de ces animaux.

L.PIGOURY fait remarquer que la toxine peut se conserver pendant plusieurs jours en milieu aqueux. Aussi l'ingestion répétée d'eau contaminée à dose inframortelle entraîne une accumulation de la toxine dans l'organisme, à l'origine d'un botulisme symptômatique avec des eaux relativement peu toxiques.

Pour BRYGOO, les toxines botuliniques en dilution dans l'eau exposée à la lumière et à la température ordinaire peuvent conserver une partie importante de leur pouvoir létal pendant un temps relativement long. C'est la toxine botulinique C qui a la résistance la plus marquée. Cependant, les toxines A, B, C, D, E en dilution dans l'eau se révèlent très sensibles à l'action des agents épurateurs usuels. C'est en 15 mn que la concentration habituelle de permanganate de potassium, de chlore et d'iode utilisés pour la stérilité de l'eau détruit ces toxines (60).

d) Leptospirose

C'est une maladie hydrique. Elle est, le plus souvent, inapparente chez l'animal mais est révélée par l'homme.

Dans diverses eaux et boues, on a pu noter la survie de Leptospira pomona pendant des périodes variant de 10 à 193 jours selon le pH, la température, le degré de salubrité, la présence de matières organiques.. La leptospirose se rencontre, le plus souvent, pendant les mois pluvieux et se manifeste quand les animaux sont en contact avec des eaux non traitées : les eaux des étangs, des fumiers, polluées par les excréments des bovins, porcs, oiseaux et surtout les urines des rats.

La leptospirose, zoonose de contamination hydrique est encore appelée " fièvre des marais ", fièvre des vases, fièvre des rivières ".

Les leptospires pénètrent dans le torrent circulatoire à la faveur d'un contact des muqueuses ou de la peau lors de l'abreuvement.

Pour MELNOTTE, la boue alcaline des égouts, la vase organique des cours d'eau, le limon des rivières, la tourbe des marécages seraient les meilleurs facteurs de prolongement de vie des leptospires dans le milieu naturel.

Cette épidémie hydrique est un danger permanent en raison de l'inconstance de l'hygiène de l'abreuvement. La prophylaxie spécifique est primordiale, elle s'impose par l'imperfection de la suppression des vecteurs dont l'écologie est liée à l'eau, en raison de leur diversité et de leur extrême prolificité (60).

e) Fièvre charbonneuse

L'eau a un rôle de réservoir. Selon GRUNDWASSER, les eaux souterraines après mise en réserve des spores sont susceptibles par des fluctuations de niveau de les mettre à jour et de provoquer l'éclosion de la maladie.

Les inondations sont précisément les conditions épidémiologiques favorables pour le développement de la maladie. Il en résulte que la fièvre charbonneuse est une maladie de printemps, de l'automne et des vallées (60).

Des statistiques ont montré, en Suisse, que la maladie connue sous le nom de charbon s'observait surtout dans les localités où il n'existe pas d'eau courante et où le bétail s'abreuve dans les fossés ou mares creusées au milieu des bois (SAURAT) (102).

f) Pasteurellose

On trouve souvent des Pasteurella dans les eaux des mares souillées par les purins (60).

g) Paratuberculose

L'entérite paratuberculeuse des bovins, maladie grave,le plus souvent mortelle, est due à un microbe très abondant dans le tube digestif des malades, qui se retrouve dans l'eau des mares, des abreuvoirs souillés par les excréments (102).

M. TERNISSIEN, en Seine-Maritime, a montré avec le concours de la Direction des Services Vétérinaires, le parallèle entre la fréquence de l'entérite paratuberculeuse et l'insalubrité des mares contaminées directement par les déjections et indirectement par les purins.

Le clôturage, le curage et la désinfection à l'hypochlorite de sodium des mares font notablement diminuer la maladie, si à ces mesures s'ajoute l'abreuvement du bétail à l'eau potable (60).

5°) TRANSMISSION HYDRIQUE DES MALADIES VIRALES

Parmi les maladies transmises par l'eau, citons celles où le jetage ou la bave facilitent rapidement la pollution de l'eau lors de l'abreuvement (60).

a) La fièvre aphteuse

Pour la fièvre aphteuse, dont on connait la subtilité de la transmission, l'abreuvement en commun est une des causes les plus fréquentes de contamination (102, 94). Le virus aphteux, mis en suspension dans l'eau au moment de l'abreuvement, pénètre dans l'organisme des animaux réceptifs et détermine l'infection aphteuse (73).

On possède, depuis longtemps, des statistiques sur la dissémination de la fièvre aphteuse le long des cours d'eau. Cette dissémination court la vallée de l'amont vers l'aval. Le virus a une plus grande résistance dans l'eau que les bactéries. En effet, l'auto-stérilisation de l'eau repose principalement sur l'action de l'oxygène; cette action est très efficace sur les bactéries, en revanche, elle est nulle sur les virus. L'action de destruction sur les virus se fait d'une manière naturelle par les rayons ultra-violets ou une élévation convenable de la température.

Selon TRAUTWEIN (1929), le virus aphteux contenu dans les parois d'aphtes de bovins reste infectieux pendant 41 jours en eau douce et 37 jours en eau de mer.

Lorsque ce virus, peu sensible à la dessiccation, est répandu par la bave des animaux, on comprend aussi le danger de sa persistance sur les parois et les bords de l'abreuvoir. En ce qui concerne les points d'eau, la contamination de l'eau se fait également par les pieds des animaux (60). L'abreuvement est donc une cause fréquente de contamination (94).

b) Peste bovine

Les sources de contamination de l'eau sont particulièrement abondantes : jetage de litres de larmes, diarrhées profuses (60).

c) Rage, grippe

L'épidémie hydrique est possible si la contamination est importante (27).

6°) TRANSMISSION HYDRIQUE DES MALADIES PARASITAIRES

C'est dans l'immense domaine des maladies parasitaires que l'eau peut jouer son rôle le plus néfaste, en servant de véhicule aux agents pathogènes que sont les microbes et les oeufs de parasites les plus divers. La plupart de ces agents sont capables de se conserver beaucoup plus longtemps en milieu humide qu'en milieu sec et,dans ces conditions, l'eau peut assurer leur diffusion. On peut dire, sans exagérer, que presque toutes les maladies parasitaires internes peuvent être transmises par les boissons.

Dans la transmission des maladies parasitaires, l'eau joue un rôle important par les oeufs et les embryons de parasites qu'elle renferme et qui vont, en se transformant en parasites adultes dans les organismes qui les ont absorbés, déterminer des bronchopneumonies vermineuses, des accidents digestifs (ténias, ascaris, strongles, coccidies...), des troubles hépatiques (douves du foie...) (102).

L'eau de boisson intervient aussi en renfermant de petits crustacés dulçaquicoles, hôtes intermédiaires d'helminthes dont l'ingestion par les animaux, au cours de l'abreuvement est responsable de contamination.

L'eau d'abreuvement peut, enfin, contenir des larves d'helminthes pénétrant chez leurs hôtes par effraction cutanée mais qui, absorbées avec cette eau, peuvent s'enfoncer dans la muqueuse des premières voies digestives (furocercaires de schistosomides, larves d'ankylostomidés..) (73)

En dernier lieu, il convient de souligner le rôle de la pollution hydrique dans l'épidémiologie de la cysticercose bovine.

Que les selles humaines, à raison d'environ 200 grammes par jour, soient émises ad libitum dans la nature, dansles latrines rudimentaires ou dans les fosses d'aisance modernes assorties au tout-à-l'égout, de nombreux oeufs sont ainsi libérés pour une éventuelle absorption ultérieure à plus ou moins grande distance de leur lieu d'émission. La pluie et les eaux de ruissellement en entraînant une certaine quantité à partir des dépôts excrémentiels disséminés dans divers lieux, précédemment cités, et peuvent ainsi alimenter des mares, des puits, par infiltration, à proximité d'une ferme dont l'eau d'abreuvement sera contaminée. Mais ce sont aussi les eaux d'irrigation, les eaux résiduaires livrées à l'épandage et le plus spécialement les eaux usées, non ou insuffisamment épurées, qui aboutissent dans les rivières, puis dans les fleuves qui sont ainsi transformés en source polluante. Les prairies riveraines, proches ou très éloignées des grands centres urbains deviennent alors des lieux méconnus de contamination périodique, d'une part du fait de la masse des selles humaines émises (environ 72 000 tonnes par an pour une population de 10 000 habitants) et , d'autre part, du fait des perturbations apportées à la décantation et aux phénomènes fermentaires dans les stations d'épuration, lorsqu'elles existent, par la présence des substances tensio-actives, non biodégradables et des bactéricides rejetés par les centres industriels (42).

7°) AUTRES ORGANISMES VIVANTS POUVANT ETRE CONTENUS DANS L'EAU DE BOISSON

a) les algues

Le plus souvent, ces algues n'ont pas d'intérêt sanitaire,elles ne font que conférer à l'eau une mauvaise odeur. Certaines cyanophycées peuvent libérer des substances toxiques équivalentes à l'arsenic et au cyanure, de telles substances peuvent alors se trouver dans les eaux des ruisseaux et provoquer la mort des animaux qui s'y abreuvent (27).

b) Cantharides

On a plusieurs fois observé des accidents produits par des cantharides tombées dans les abreuvoirs : ces insectes, connus par leurs sécrétions irritantes, occasionnent une inflammation intense des premières parties du tube digestif (102).

c) Sangsues

Il a été de tout temps constaté des accidents produits sur les animaux par des sangsues prises dans les boissons, qui se fixent sur la muqueuse de l'arrière-bouche ou de l'oesophage. On a vu,dans certains cas, ces hôtes indésirables déterminer l'affaiblissement par suite du sang qu'ils faisaient perdre aux animaux et provoquer des hémorragies quelquefois inquiétantes (102).

8°) CONCLUSIONS SUR LE ROLE EPIDEMIOLOGIQUE DE L'EAU

Le rôle de l'eau dans l'épidémiologie des maladies infectieuses et contagieuses animales est triple : réserve, véhicule, pôle attractif, aussi la carte épidémiologique de nombreuses maladies se superpose-t-elle à celle du réseau hydrographique. L'hygiéniste doit se préoccuper avec précision,dans la lutte prophylactique, des eaux potables et usées et de la pollution hydrique

En temps que réserve, ou réservoir inanimé, l'eau s'enrichit de l'élimination des leptospires par un animal réservoir d'écologie et d'éthologie liées à l'eau, de l'élimination urinaire ou fécale de salmonelles, de la présence de la spore charbonneuse de pérennité illimitée, de celle des spores botuliniques, également danger permanent.

En temps que véhicule passif, le rôle de l'eau n'est pas moindre puisqu'elle peut transmettre occasionnellement la plupart des maladies infectieuses.

En temps que pôle attractif, l'eau joue un rôle d'appel écobiologique, pour certains vecteurs (insectes, renards, rats) et oriente indirectement l'épidémiologie de la rage, des arboviroses et de toutes les maladies à transmission vectorielle.

A côté d'une prophylaxie exclusivement sanitaire orientée vers l'hygiène de l'eau et l'épuration des effluents, un complément de valeur correspond à une prophylaxie médicale par vaccination des animaux réceptifs, qui permet de diminuer la superposition hydrique tout en minimisant les pertes directes chez l'animal (60).

Sur le plan strictement vétérinaire, on doit affirmer que dans la conduite de toute prophylaxie des maladies infectieuses et contagieuses animales, l'eau doit occuper une place de choix concernant les abreuvoirs communs surtout en période d'épizootie, les points d'eau dans les pâturages, les abreuvoirs naturels qu'il convient de protéger contre toute souillure. A l'étable, l'abreuvement doit, dans la mesure du possible, être assuré avec de l'eau potable, ce qui implique le développement de réseaux d'adduction d'eau (73).

L'éleveur ne peut présenter à son troupeau un système d'abreuvement individuel qu'à l'étable seulement, l'abreuvoir collectif existant,le plus souvent, en dehors de l'étable. La succession d'un animal à un autre, vers un point d'eau déjà pollué est une faille pratiquement constante dans l'hygiène de l'abreuvement en dehors de l'exploitation. L'eau demeure un réservoir, un véhicule occasionnel des maladies chez les animaux. Le troupeau pâtit de la diminution des mesures d'hygiène générale de l'abreuvement dans les parcs par rapport à celles de l'étable (60).

V) Protection qualitative des Eaux d'Abreuvement

La pollution chimique et minérale ralentit considérablement l'auto-épuration de l'eau qui se produit grâce aux rayons ultraviolets, à l'oxygénation, aux micro-organismes et aux poissons. Parmi les micro-organismes épurateurs des eaux, citons le rôle important de Bdellovibrio dont l'action est sans doute renforcée par celle d'autres agents (champignons lytiques, algues, protozoaires..); ces actions synergiques sont encore mal-connues, car elles sont complexes et variées (11). Cette auto-épuration permet la destruction des matières organiques.

La protection qualitative de l'eau d'abreuvement passe par la lutte contre la pollution. Il est indéniable que la sauvegarde de l'eau potable même pour les animaux entre dansle cadre universel de la lutte contre les nuisances (60). La javellisation permet l'amélioration de la qualité des eaux d'abreuvement et voici ci-dessous quelques mots sur la réalisation correcte de celle-ci.

Une première mise en garde concerne l'utilisation d'eau de javel si les canalisations à désinfecter comportent des parties en plomb, car le chlore peut attaquer ce métal. Une teneur en chlore libre de 5ppm tue le colibacille en 1,5 seconde alors qu'une teneur en chlore libre de 0,2 ppm exige 20 minutes.

Dans la plupart des cas, il faut chercher une teneur en chlore actif de 1,5 à 2 ppm.

Un litre d'eau de javel ordinaire titre 12 degrés chlorométriques : chaque degré chlorométrique correspond à la production d'un litre de chlore, soit : 3,17 g de chlore actif.

Un litre d'eau de javel ordinaire apporte donc :

3,17 g x 12 = 38 g de chlore actif.

L'eau de javel en berlingot de 250 ml est quatre fois plus concentrée; elle titre 12x 4 = 48 degrés chlorométriques au litre; elle apporte

152 g de chlore actif par litre. Pour obtenir une bonne répartition de chlore actif dans l'eau à traiter, nous conseillons la réalisation de la solution mère suivante pour traiter de l'eau à 2,0 ppm de chlore :

1/2 litre d'eau de javel ordinaire dans 10 litres d'eau ou 1/2 berlingot d'eau de javel concentrée dans 10 litres d'eau.

Répartir alors 1 ml de la solution mère par litre d'eau à traiter. La répartition peut se faire commodément par pompe doseuse. Rappelons que la javellisation ne permet pas de faire disparaître les nitrates.

Par contre, elle permet de lutter contre les moisissures, les bactéries (bacille tuberculeux) et les substances visqueuses des circuits contaminés.

En plus de la javellisation, facile à mettre en oeuvre rapidement, la désinfection de l'eau par rayons ultraviolets donne de bons résultats et est économiquement envisageable si, toutefois, la turbidité, la teneur en matières organiques et la teneur en fer restent faibles.

Nous n'entrerons pas, ici, dans le détail, c'est l'affaire d'installateurs spécialisés dans ces problèmes. (81).

En ce qui concerne l'adoucissement des eaux, l'Académie de Médecine s'élève contre la pratique abusive de la déminéralisation de l'eau potable par des résines échangeuses d'ions. Si cette technique est utile pour les installations de chauffage des immeubles, elle s'avère dangereuse pour l'alimentation. En effet, la suppression des ions " utiles " tel le calcium, provoque une attaque des canalisations et simultanément l'eau se charge en ions métalliques lourds dont le plomb.

CONCLUSIONS SUR LA QUALITE DE L'APPORT EN EAU

En aucun cas, l'eau ne doit être une source de contamination, elle doit être absolument saine et pure. C'est là une des conditions essentielles de la santé : le cheptel d'une exploitation sera en meilleur état s'il s'abreuve longuement à une eau saine. On ne saurait trop insister sur l'importance vitale de l'eau à la ferme, et l'on doit de tous côtés faire

le maximum d'efforts pour la lui procurer en abondance et d'une pureté complète.

Dans ces conditions, il est certain que la bonne hygiène générale, ainsi rendue possible, augmentera d'une façon très appréciable le rendement des productions animales (102).

Une distribution d'eau communale ou privée doit assurer une eau fraîche, limpide, incolore, inodore et sans saveur, ni acide, ni agressive, faiblement minéralisée (60).

TROISIEME PARTIE

LES BESOINS QUANTITATIFS

I) Le Déterminisme de la Soif

1°) *LE COMPORTEMENT ALIMENTAIRE*

C'est l'attitude de l'être vivant en face de la boisson, attitude consistant à la recherche, le choix et l'ingestion. Dans la nature, l'animal apprend comment et où se procurer de l'eau. C'est ainsi que les troupeaux se déplacent vers les points d'eau.

L'animal, dans les conditions physiologiques, (température moyenne, apports alimentaires équilibrés notamment en Na Cl) au repos perd de l'eau de façon continue par l'urine, par les excréments, par l'évaporation pulmonaire et cutanée. Les pertes sont compensées par les apports : eau des boissons, eau contenue dans les aliments, eau produite par les oxydations membranaires. Normalement, l'ingestion de boissons et l'excrétion d'urine sont les deux mécanismes les plus importants. L'équilibre hydrominéral de l'organisme est assuré par le jeu réciproque et la coordination de deux systèmes de régulation intéressant, l'un le mécanisme de l'excrétion rénale,l'autre le mécanisme neurophysiologique des comportements de prise d'eau spontanée et d'ingestion sélective de sels minéraux.

La place du comportement d'ingestion d'eau et de son mécanisme particulier de régulation est capital pour le maintien de l'homéostasie. L'organisme ne possède pas de réserves d'eau lui permettant de faire face aux pertes continues et à leurs variations brusques.

Le seuil d'intoxication par surhydratation est atteint par une surcharge relativement faible. Cette marge étroite entre déshydratation et surhydratation rend l'animal étroitement dépendant de l'apport externe et de la précision quantitative de son comportement d'ingestion. Dans l'ordre des dépendances de l'organisme vis-à-vis du milieu, l'eau vient immédiatement après l'oxygène et bien avant les aliments solides organiques et minéraux.

La privation d'eau provoque chez les animaux une augmentation importante de l'activité générale par rapport à la normale. Le libre accès à l'eau ramène brusquement les animaux à une activité normale.

De façon intermittente, l'eau étant disponible , l'animal se met à boire : on déclare qu'il a soif.Il boit un certain volume d'eau, puis s'arrête de boire. Le rythme des prises est conditionné par l'ingestion des aliments solides. Dans les conditions d'alimentation périodique, l'animal boit après ses repas. Mais quelque soit la fréquence de ceux-ci, il boit dans les 24 heures, pour une alimentation solide constante, un volume d'eau égal au volume des pertes rénales et extra-rénales.

L'animal boit avant d'avoir dépassé un niveau minime de déshydratation et sur un certain intervalle de temps, ses prises compensent quantitativement ses pertes.

SOULAIRAC et coll. (1953/56) ont signalé que des lésions situées de façon médiane et s'étendant en région dorsale de l'hypothalamus, déterminaient des anorexies totales et définitives, le plus généralement, accompagnées d'une adipsie complète. Pour cet auteur, de telles lésions entraînent la destruction de structures intégratrices permettant à la boisson d'acquérir une signification pour l'animal.

Pour les centres régulateurs de la soif, on note l'influence des lésions de la post-hypophyse et de l'hypothalamus sur l'ingestion et le transit de l'eau dans l'organisme.

Quelques auteurs admettent l'existence de structures hypothalamiques dont la destruction provoquerait une adipsie sans modification du comportement alimentaire.

Les éléments d'information de l'animal sont :

- les informations externes ou extéroceptives : stimuli provenant de la boisson elle-même,
- les informations internes ou intéroceptives : stimuli nerveux et humoraux renseignant les centres sur l'état de besoin de l'organisme et déterminant les sensations de soif (50).

2°) *LA SENSATION DE SOIF*

C'est la mise en jeu de facteurs nerveux et de facteurs humoraux mais aucun de ces facteurs,pris isolément, ne permet de rendre compte de l'ensemble des phénomènes.

L'ancienne théorie locale soutenue par CANNON considérait la soif comme résultant de l'état de sécheresse des muqueuses de la cavité buccale. Elle était basée sur l'observation de la concomittance existant entre le déclenchement de l'acte de consommation et la sécheresse de la bouche ou l'une de ses causes essentielles, la réduction de la sécrétion salivaire. Selon cette hypothèse, les glandes salivaires seraient très sensibles à de légères modifications de l'équilibre hydrique de l'organisme et toute diminution de la sécrétion salivaire serait un indice précis du besoin en eau. Cependant, les données expérimentales ont montré que ce ne sont pas uniquement des facteurs locaux qui règlent la consommation de l'eau, mais que d'autres éléments interviennent dans cette régulation. L'ablation des glandes salivaires (jamais totale car impossibilité d'enlever les glandes buccales) (MONTGOMERY.1931) ou la section de tous les nerfs pouvant amener aux centres des afférences provenant de la cavité buccale (BELLOWS et VAN WAGENEN. 1939) ne modifie pas les consommations de l'animal. L'humidification de la bouche ne provoque qu'une inhibition très passagère ou même nulle de la soif.

Les expériences de cocaïnisation de la muqueuse pharyngée ou l'administration d'atropine montrent que l'impression de sécheresse de la bouche peut survenir sans qu'il y ait un besoin organique et sans qu'il y ait vraiment soif.

La soif fait donc intervenir dans sa régulation des facteurs nombreux et le facteur local de sécheresse des muqueuses n'est qu'un des élements de ce mécanisme de régulation. D'autre part, ce facteur n'intervient pas dans l'arrêt de la consommation d'eau et dans la proportionnalité qui existe entre la quantité ingérée et le déficit hydrique à couvrir. La soif ne dépend donc pas exclusivement de la sécheresse de la cavité buccale, de plus, dans un premier stade, les influx sensoriels en provenance des récep-

teurs gastriques ne permettent pas d'expliquer la régulation de la consommation hydrique.

CONCLUSION

- Un certain degré de déshydratation ou d'hypertonicité interne déclenche les phénomènes neuromusculaires aboutissant au comportement de prise d'eau,
- le fonctionnement neuromusculaire d'ingestion et de déglutition de l'eau est stoppé brusquement, que l'eau pénètre dans l'estomac ou non, lorsqu'une quantité d'eau proportionnelle au déficit à couvrir est passée par la bouche,
- cette inhibition est passagère, elle est suivie par une inhibition secondaire qui n'intervient qu'après 10 à 15 minutes et qui persiste jusqu'à ce que l'état interne est atteint à nouveau le seuil d'initiation d'une nouvelle prise d'eau.

Ainsi, deux systèmes inhibiteurs successifs assurent la régulation quantitative de l'ingestion, c'est-à-dire sa proportionnalité au déficit à combler. L'un buccal est lié aux stimulations sensorielles et au fonctionnement neuromusculaire. L'autre, digestif, est lié au séjour de l'eau dansle tractus gastro-intestinal. Mais l'action préalable du contrôle buccal est indispensable pour assurer le contrôle quantitatif et, en particulier, une inhibition durable.

Le fonctionnement du système réalisant l'ingestion de liquides implique l'existence de récepteurs répondant aux variations de l'état hydrique interne et transmettant des messages aux centres contrôlant cette exécution. On a tenté d'établir une corrélation entre les phénomènes de prise d'eau observés dans les conditions physiologiques ou expérimentales et les variations de composition du milieu extérieur . On a ainsi étudié la réduction des volumes liquidiens extra ou intracellulaires, la déshydratation cellulaire, l'hémoconcentration ou l'élévation de la pression osmotique plasmatique , les variations de concentration des ions Cl^- et Na^+ ;

ces recherches ont montré que l'initiation de la prise spontanée d'eau, son évolution dans le temps, sa valeur quantitative et son inhibition durable ne sont en corrélation avec aucune de ces variables internes prises isolément.

Dans tous les cas de pertes abondantes d'eau,hémorragies, pertes rénales ou extra-rénales, la soif intervient parallèlement à la réduction du volume plasmatique. Après injection intraveineuse d'une solution hypertonique, l'animal boit spontanément et, cependant, le volume extracellulaire est maintenu et même augmenté. L'administration d'hormone posthypophysaire à l'animal normal n'augmente pas le volume plasmatique et on observe, cependant, une réduction de la consommation spontanée d'eau.

La soif intervient avant toute déshydratation cellulaire effective, la déshydratation intense par sudation entraîne une prise d'eau qui n'est pas proportionnelle au déficit.La déshydratation avec hémoconcentration, élévation de la pression osmotique est corrélative de la sensation de soif. Inversement, la surcharge hydrique et la dilution plasmatique entraînent l'arrêt de l'ingestion d'eau. Mais l'influence de l'augmentation expérimentale de la pression osmotique dépend du produit utilisé.

Le chlorure, sulfate, acétate de sodium, saccharose injectés en solution de même hypotonicité font boire immédiatement l'animal et entraînent l'ingestion des mêmes quantités d'eau. L'urée et le glucose, injectés dans les mêmes conditions d'hypertonicité, ne déclenchent pas la prise d'eau immédiate et les quantités bues sont inférieures. Dans le cas de l'urée, l'animal n'ingère que de 0 à 50% de ce qu'il boit après l'injection de Na Cl (GILMAN. 1957 - HOLMES et GREGERSEN. 1950).

Un sel de potassium injecté en intraveineuse entraîne une ingestion d'eau inférieure à celle provoquée par les sels de sodium (ARDEN. 1934).

Certaines solutions ont donc une action stimulatrice immédiate et intense, d'autres ont une activité retardée moindre ou nulle.

L'élévation dans la concentration des ions Cl^- et Na^+ ne peut également être retenue comme seul fonctionnement actif, en effet, l'injection de solutions hypertoniques de sorbitol, de saccharose, de sulfate de magnésium sont aussi efficaces pour le déclenchement du comportement que

l'injection de chlorure de sodium (HOLMES et GREGERSEN. 1950).

LE MAGNEN considère, par contre, qu'une corrélation existe entre l'évolution de la prise d'eau spontanée et les variations du gradient de pression osmotique entre le milieu extra-cellulaire et le milieu intra-cellulaire. Ce facteur pourrait donc être l'agent efficace de stimulation des récepteurs dipsiques.

La digestion plasmatique que crée la surcharge hydrique renverse le rapport des pressions osmotiques extra et intra-cellulaires, d'où l'inhibition durable de la consommation d'eau.

La différence existant entre d'une part les sels de sodium, le sorbitol, le saccharose (stimuli efficaces et équivalents) et, d'autre part l'urée, le glucose, les sels de potassium (stimuli faibles ou nuls) peut également s'expliquer par cette théorie. Les premières substances non diffusibles dans les cellules restent dans le milieu extra-cellulaire et réalisent ainsi les conditions nécessaires à la création du gradient de pression osmotique; les secondes, au contraire, diffusent rapidement dans le milieu intra-cellulaire et ne peuvent créer ce même gradient.

Dans le cas des pertes importantes par sudation, la soif est insuffisante pour compenser les pertes or, la sudation entraîne , non seulement, une élimination d'eau, mais également, une perte abondante de sels.

Du fait de cette perte concomittante d'électrolytes, la déshydratation ne pourra créer un gradient de pression osmotique suffisant entre les milieux extra et intra-cellulaires. Au cours des expériences de dialyses péritonéales réalisées par CIZEK et coll. la forte réduction de concentration électrolytique qui en résulte provoque immédiatement une invasion d'eau dans le milieu intra-cellulaire. Un nouvel équilibre des pressions osmotiques s'établit. A ce moment, les facteurs qui agissent normalement pour créer dans le milieu extra-cellulaire une pression osmotique supérieure à celle des cellules vont entrer en jeu pour rétablir en faveur de ce milieu un gradient de pression osmotique malgré une concentration absolue restée faible. D'ailleurs, la consommation d'eau et son augmentation ne s'observent qu'après un délai de 24 heures.

LE MAGNEN admet donc l'existence de récepteurs dipsiques ou osmo-récepteurs. Leur seuil de réponse est atteint et la soif éveillée (50).

La sensation de soif et le comportement qui entraînent la recherche et l'ingestion d'eau sont déterminés par les zones latérales de l'hypothalamus. Les informations proviennent de récepteurs périphériques (température, volume sanguin, pression osmotique, siccité de la bouche ...) de récepteurs hypothalamiques (pression osmotique, température..) et des centres supérieurs (49).

3.°) L'INGESTION D'EAU

La sécheresse buccale est l'un des facteurs du processus initiateur de l'ingestion spontanée d'eau. Elle en représente le stimulus immédiat, mais elle ne peut rendre compte de l'arrêt de la consommation et de la proportionnalité existant entre la quantité ingérée et le déficit à combler. La sécheresse buccale associée plus ou moins constamment au malaise profond que crée le besoin d'eau est le signal, un stimulus conditionné de déclenchement du comportement. Ce stimulus initiateur est par l'intermédiaire de la sécrétion salivaire (parotidienne surtout), réglé en fonction du besoin organique. L'activité neuromusculaire (lapage, déglutition) associée à l'ensemble des stimulations buccales dues au passage du liquide assure, au moins au premier stade, la régulation quantitative de la prise d'eau.

L'inhibition brusque du comportement, au moment où le déficit d'eau est couvert, alors que l'eau ingérée n'a pu encore atteindre les tissus, démontre que l'acte de boire est autocontrôlé.

Un second facteur, gastro-intestinal intervient dans l'arrêt de la consommation. LE MAGNEN suppose que cette inhibition secondaire est la conséquence du rétablissement précoce de l'équilibre osmotique interne par transit d'électrolytes du plasma vers l'intestin. En effet, l'eau, 5 à 10 mn après son arrivée dans l'intestin et avant d'être absorbée est rendue isotonique au plasma grâce au transport actif d'iode à travers la paroi intestinale (VISSCHER et coll. 1944 - FOLLANSBEE. 1945).

On peut expliquer l'incitation à boire par l'action au niveau d'osmo-régulateurs, des variations du gradient de pression osmotique entre le milieu extra-cellulaire et le milieu intra-cellulaire. Dans ce mécanisme les ions Cl^- et Na^+ ne constitueraient pas un stimulus privilégié. Cependant, du fait de l'action du chlorure de sodium sur les récepteurs buccaux, le comportement de l'animal et,plus précisément, le choix qu'il effectue sur les liquides qui lui sont présentés peuvent être modifiés.

Cette modification régulatrice de la consommation est spécifique du chlorure de sodium et à un premier stade au moins, de la stimulation gustative salée. Elle ne s'effectue pas avec des solutions sucrées de saccharose ou de saccharine quelque soit la pression osmotique de ces solutions. Le masquage de la saveur salée des solutions de chlorure de sodium par d'autres agents sapides fait disparaître cette régulation immédiate de la consommation de solutions salines.

Le besoin d'eau et le besoin d'électrolytes, chlorure de sodium, en particulier, sont intimement liés (50).

II) Analyse du Besoin quantitatif en Eau

L'analyse de ce besoin doit partir de la notion de dépense pour aboutir à celle de la couverture (50). Les besoins d'eau varient en fonction des facteurs intrinsèques à l'animal tels que l'espèce, la race, l'âge, le niveau et la nature de sa production (viande, lait) et des facteurs extrinsèques tels que l'alimentation et le climat (29).

1°) RAPPELS SUR LES DEPENSES EN EAU DE L'ORGANISME

La quantité d'eau nécessaire à l'abreuvement rationnel d'un animal est fonction :

- de l'évaporation cutanée destinée à lutter contre la chaleur et de la ventilation pulmonaire,
- de l'élimination par les excréments et l'urine,

- de la quantité de lait sécrétée (en ce qui concerne les femelles laitières) ainsi que la quantité d'eau destinée à l'élaboration des tissus néoformés lors de la croissance, de l'engraissement ou de la gestation (102).

a) L'évaporation cutanée et la ventilation pulmonaire

En pays tempérés, le climat ne provoque pas une grande déperdition en eau qu'il faudra compenser par un abreuvement important. A l'inverse, en pays tropicaux, l'influence des facteurs climatiques provoque une importante sortie d'eau des animaux et ceux-ci ne trouvent pas en retour de compensation.

Nous savons que pour lutter contre la chaleur, les êtres vivants éliminent de l'eau. Cette sortie d'eau a lieu par la sudation et la ventilation pulmonaire.

L'eau ainsi prélevée sur l'organisme et perdue pour lui sera nécessairement à remplacer. Ce sera un nouveau besoin dont la couverture sera assurée par l'eau bue, l'eau contenue dans les aliments et l'eau métabolique.

Les pertes par la voie cutanée et par la voie pulmonaire sont variables : elles constituent, en effet, le facteur principal de l'homéostasie de la température corporelle. On peut distinguer,dans ces pertes , un élément relativement constant dépendant principalement du métabolisme et accessoirement de l'environnement et un élément variable influencé surtout par les conditions extérieures. L'élément constant est représenté dans le cas de l'élimination pulmonaire par la quantité d'eau nécessaire pour saturer d'eau l'air alvéolaire ; comme la température de l'air pulmonaire est constante et égale à la température du corps ou très voisine d'elle, la quantité d'eau ainsi perdue dépend de l'humidité de l'air inspiré de sa température et de la ventilation pulmonaire.

Dans le cas de l'élimination cutanée, l'élément constant est constitué par la perspiration insensible qui résulte de la diffusion d'eau au travers du tégument. L'importance de la perte d'eau par diffusion

dépend de la teneur de l'organisme en eau, de l'intensité de la circulation cutanée et de la perméabilité cutanée ; elle s'accroît quand la température extérieure s'élève et que le degré hygrométrique s'abaisse.

La quantité de chaleur perdue par vaporisation représente environ 25 % de la quantité totale de chaleur émise. Elle dépend donc, non seulement, du métabolisme de base et de la température extérieure mais aussi du niveau de nutrition. Elle est également influencée par l'état du revêtement cutané.

. Mesure de la vaporisation totale

La perte d'eau par émission cutanée et pulmonaire peut être déterminée directement dans une chambre calorimétrique équipée pour la mesure de la vapeur d'eau ; elle peut être mesurée indirectement par la perte insensible de poids dont elle constitue un élément.

&) Mesure par le calcul de la perte insensible de poids :

la perte insensible depoids qui se produit indépendamment de l'émission d'urine ou de matières fécales et en l'absence de l'ingestion d'eau ou d'aliments solides est due à la perte d'eau par la voie cutanée et par la voie pulmonaire accrue de la valeur algébrique de la différence entre le poids d'oxygène absorbé et celui du gaz carbonique produit et, du poids des gaz de fermentation, méthane en particulier. Si le quotient respiratoire est égal à 0,725, $CO_2 = O_2$ (en poids), la perte insensible de poids est égale à la perte insensible d'eau; si la production de glucides utilisés augmente, CO_2 est plus élevé que O_2, la perte insensible de poids diminue par rapport à la perte insensible d'eau; si les lipides sont seuls consommés, la perte insensible d'eau est plus élevée que la perte insensible de poids.

L'élément variable de la perte d'eau dépend de la quantité d'eau utilisée pour assurer la régulation de la température en dehors de la zone de neutralité thermique, la vaporisation de 1 g d'eau à 33°C entraînant l'utilisation de 0,578 cal. (0,584 à 22°C).

L'importance relative des deux voies de perte d'eau est différente suivant les conditions extérieures. Chez les bovins, dont le système sudoripare est peu développé, les pertes par la voie pulmonaire sont

prépondérantes.

Chez les bovins, bien que les glandes sudoripares soient présentes sur tout le corps, la sudation s'effectue surtout au niveau du mufle.

Un mode accessoire de réfrigération cutanée est assuré par la salivation. Il est observé chez les bovins une sécrétion salivaire de un litre par heure. La perte de chaleur par voie cutanée dépend donc de deux facteurs : la quantité d'eau sécrétée et la quantité d'eau évaporée.

Le premier processus est d'ordre physiologique, sa régulation dépend de l'activité des glandes sudoripares et des mécanismes qui la règlent.

Le second processus est d'ordre physique, son intensité dépend de la différence entre la température extérieure et la température cutanée, de l'état hygrométrique de l'air et de son agitation.

En réalité, ce qu'il faut considérer de ce point de vue, ce sont les conditions locales telles qu'elles existent au niveau de la peau, c'est-à-dire que la micro-atmosphère constituée par tout intermédiaire entre la surface de la peau et l'atmosphère viendra perturber ce phénomène, comme l'état de la toison. Une toison épaisse réduit la perte de chaleur par radiation et augmente la perte par évaporation.

Le second processus, indépendant de l'animal conditionne l'efficacité du premier, car si la sueur est sécrétée et que l'eau qu'elle contient ne peut être vaporisée, le travail de la sudation est perdu pour la régulation de la température.

La polypnée thermique consiste essentiellement dans la vaporisation d'eau sécrétée par l'épithélium de la trachée et des bronches (sorte de sudation) sous l'influence d'un courant d'air provoqué par l'accroissement de la ventilation pulmonaire (de 1 à 10) qui ne modifie pas sensiblement les échanges respiratoires au niveau du poumon (110).

&) Mesure par la tente hygrométrique

La tente hygrométrique permet de procéder directement à la détermination de l'intensité totale de vaporisation sans qu'il soit nécessaire d'effectuer

des mesures de métabolisme.

Les résultats des expériences effectuées avec cet appareil sur trois vaches Holstein-Frisonnes et trois vaches jersiaires parvenues au milieu de leur lactation montrent que les bovins peuvent rapidement ajuster leur déperdition de chaleur par évaporation aux variations de la température ambiante (NEWBURGH et JOHNSTON) (84).

Lors d'accroissement de l'intensité de la vaporisation totale, l'appareil respiratoire intervient pour 35 % seulement de cet accroissement et la surface cutanée pour tout le reste.

D'après les résultats bruts obtenus, les Holsteins parvenaient à évaporer 34 à 90 % de plus que les jersiaires mais cette différence raciale apparente ne subsistait plus lorsque qu'on rapportait les intensités d'évaporation à l'unité de poids ou de surface de l'animal.

TABLEAU N°11

	Température ambiante °C	Pertes par vaporisation % des pertes totales Extrêmes	Moyennes
Vache	16,9-23,2	17-34	26,1
	8,5- 9,8	14-15	
		22,3-37,3	27,6
Taureau tondu	24,5	26,7-34	30,8

Pertes d'eau par vaporisation (Newburgh et Johnston) (84).

TABLEAU N°12

Quantité de chaleur (cal.)	Eau vaporisée (kg)	Chaleur perdue par évaporation Cal.	%	Température extérieure en °C
Toison normale				
6,062	2,62	1,454	25,5	14,2
6,116	2,69	1,582	25,9	15,5
6,294	3,72	2,187	34,7	18,5
6,355	4,78	2,791	43,9	31,5
Tondu				
8,260	2,39	1,410	17,1	13,7
7,766	2,51	2,475	19,0	15,7
7,517	2,64	1,551	20,6	18,3
6,715	3,02	1,766	26,3	22,0

Perte de chaleur par vaporisation d'eau chez le taureau(à jeun) tondu ou non (Payne d'après Leich et Thompson) (87).

La quantité d'eau utilisée par sudation pour la régulation de la température peut atteindre dix fois la quantité d'eau éliminée par les autres voies.

On peut aider les vaches laitières à lutter contre la chaleur en leur fournissant de l'eau d'abreuvement préalablement refroidie (87).

. Conséquences hématologiques

Les animaux d'expérience étaient six veaux mâles de race Ayrshire âgés de 4 mois : trois d'entre eux servirent de témoins. Les autres furent soumis individuellement à l'action d'une atmosphère chaude et sèche en chambre climatique, la température étant de 45°C au thermomètre sec et de 27,6°C au thermomètre à bulbe humide.

La durée d'exposition à la chaleur fut de 5 heures chaque jour pendant 3 semaines (période expérimentale). Avant et après chaque période expérimentale, les veaux passaient 2 semaines dans les conditions thermiques normales du milieu ambiant (11,6°C en moyenne). Les deux séjours constituaient l'un la " période témoin ", l'autre la " période de rétablissement ".

Les observations hématologiques ont été effectuées sur tous les animaux, à intervalles de 5 jours pendant les 3 périodes précédemment définies. Au cours de chaque exposition à la chaleur, la température rectale, le rythme cardiaque et le rythme respiratoire de chaque veau ont été relevés.

L'auteur a constaté que la chaleur produisait chez les animaux d'expérience des modifications hématologiques qui, sans atteindre le niveau de signification statistique, présentaient pourtant les tendances suivantes : à la première exposition à la chaleur, il y a hémoconcentration ; cette dernière était due principalement à un accroissement du nombre de cellules circulantes et à un moindre degré, à une diminution de la teneur en eau du plasma.

Au cours des périodes ultérieures d'exposition à la chaleur, l'hémoconcentration ne se produisit plus et, en même temps le volume plasmatique augmente, mais comme l'accroissement était marqué pour les substances solides du plasma que pour sa teneur en eau, la concentration plasmatique en substances solides reste légèrement supérieure à la normale au cours de toute la période expérimentale.

Au fur et à mesure des expositions successives à la chaleur il y a eu acclimatation.

L'hémoconcentration initiale est une réaction au stress en général plutôt qu'un effet particulier de la chaleur et l'intensité de cette modification sanguine n'est pas suffisante pour perturber les échanges de liquides de l'organisme (81).

. Facteurs de variation

- la température

La sensation de chaleur est la manifestation essentielle de l'élévation de température. Pour lutter contre cette chaleur l'organisme animal élimine de l'eau par sudation et par ventilation pulmonaire et équilibre ainsi sa température centrale avec celle du milieu extérieur. Plus la température s'élève, plus l'élimination d'eau est importante et plus les besoins de réhydratation sont grands.

Les pertes d'eau évaporée dans les poumons ou à travers la peau par la perspiration insensible dépendent de la quantité de chaleur produite par rapport aux possibilités de dissipation sous forme sensible (radiation, conduction et convection), lesquelles diminuent constamment quand la température ambiante augmente. A partir d'une certaine température, les pertes par vaporisation, qui étaient jusque là à peu près indépendantes de la température , augmente rapidement. Elles représentent le seul moyen qu'ont la plupart des ruminants à lutter contre la chaleur; ils n'ont pas la possibilité de sudation, qui est le moyen le plus efficace, sauf les zébus dans une limite assez faible. Les quantités d'eau évaporées atteindraient 15 à 20 kg chez les gros bovins à l'engrais (LEITCH et THOMPSOM 1944), mais pourraient être supérieures chez les vaches laitières à forte production. La température à partir de laquelle les dépenses d'eau par vaporisation augmentent varient avec les possibilités de pertes sensibles (toison, niveau de production...), elle serait en moyenne de 15°C chez les bovins européens (LEITCH et THOMPSON. 1944) (49)

- le degré hygrométrique

Il est représenté par la teneur de l'air en vapeur d'eau. Il influe, par conséquence, sur l'intensité de la chaleur et sur l'élimination d'eau par les animaux pour atténuer cette chaleur. C'est pourquoi, son importance est très grande dans les pays tropicaux saheliens où le degré hygrométrique est très faible en saison sèche.

- la ventilation et l'évaporation

Ces deux facteurs ont pour conséquence d'assécher les téguments des organismes vivants. Les végétaux perdent donc de leur teneur en eau, ce qui augmente les besoins d'abreuvement des animaux qui les consomment. Les animaux réhydratent leurs téguments en prélevant l'eau dans les milieux intérieurs. Ventilation et évaporation provoquent donc une importante déperdition d'eau chez l'animal et créent des besoins proportionnels aux pertes. L'adaptation à la chaleur des bovins tropicaux nuit à leurs productions qui sont moindres comparées à celles des bovins des régions tempérées.

b) Pertes urinaires

La quantité d'eau perdue par l'urine augmente avec la quantité de produits de déchets du métabolisme que le rein doit éliminer. Cette liaison est bien connue avec la quantité d'urée (Mc INTYRE. 1970), mais encore mal établie avec les nombreux autres produits.

L'hormone antidiurétique contrôle la totalité de l'urine en effectuant la réabsorption de l'eau au niveau des tubules rénaux.

La dilution de l'urine est réglée par le pouvoir de concentration du tube urinifère vis-à-vis de la filtration glomérulaire, pouvoir de concentration qui réalise une économie d'eau importante pour l'organisme. L'urine est toujours diluée, sa densité est chez le boeuf de 1,030 (1,015 - 1,045).

La quantité d'urine émise est accrue par la consommation excédentaire de certains sels minéraux tel que le chlorure de sodium ou les protéines; ces produits, en excès dans l'alimentation, augmentent donc les besoins en eau par l'accroissement de l'excrétion urinaire. Cependant, la

quantité d'eau éliminée par l'urine serait généralement plus élevée que celle qui est indispensable à l'évacuation des déchets. C'est donc par l'urine qu'est éliminé l'excès d'eau ingérée avec les fourrages aqueux.

Au-dessus de la quantité seuil, l'élimination d'eau par l'urine est influencée par les ingestas d'eau (eau des aliments et eau de l'abreuvement) d'une part, par les pertes par la voie pulmonaire et la voie cutanée d'autre part et, éventuellement, par les pertes par la voie intestinale (diarrhées profuses) (110, 49, 82).

TABLEAU N°13

	Volume urinaire moyen l/24 h)	Volume urinaire extrême (l/24h)
BV entretien	6	5 - 7
BV engraissement	9	4 -14
Vache sèche	5	2 - 8
Vache laitière	7	5 -11

Excrétion urinaire (Simonnet) (110)

L'élimination rénale d'eau ne peut sans danger descendre au-dessous d'un certain minimum conditionné par la quantité de matériaux à éliminer : électrolytes et surtout déchets azotés, urée (37).

Par pénurie d'eau, l'animal concentre ses urines et peut réabsorber une partie de l'eau d'où une diminution de ses besoins en eau. Mais la capacité de concentration des urines est limitée (70).

TABLEAU N°14

	Veau sain	Veau diarrhéique	Variation
Volume l/j	3,5	1,9	- 44 %
Osmolarité (mosm/l)	264	350	hypotonique
Excrétion par jour de déchets organiques (mosm/l)	240	310	hypertonique + 29 %

Comparaison du volume et de la concentration des urines excrétées chez le veau sain et le veau diarrhéique (Belon) (7).

Il y a tendance pour le veau diarrhéique à une diminution de la sécrétion urinaire, à l'hypertonicité de l'urine avec perte notable de matières organiques (7)

c) Excrétion fécale

Les pertes d'eau par les fecès sont beaucoup plus importantes chez les ruminants que chez les monogastriques, en raison des quantités plus élevées des constituants indigestibles à excréter. Elles sont élevées chez les bovins parce que leurs fecès sont humides (de 70 à 85 %).
La quantité d'eau perdue par voie fécale augmente avec la quantité de matière sèche ingérée et, notamment, avec la quantité de constituants membranaires (cellulose brute et pentosanes) (PAQUAY et coll. 1970a-1970b) (49).

TABLEAU N°15

	Poids des matières fécales(Kg/24 h)	Teneur moyenne des fecès en eau(%)
Bovin à l'entretien	13-35	78
Bovin à l'engrais. sement	40-45	81
Vache sèche	13-35	82
Vache laitière	13-35	84

Perte d'eau par les matières fécales (Simonnet) (110)

La perte d'eau par les fecès, dans une espèce donnée, dépend plus de la masse des matières fécales, qui est fortement influencée par la nature de l'alimentation, que de la teneur en eau des fecès, qui n'est que légèrement modifiée par la nature de l'alimentation et les conditions d'environnement.

TABLEAU N°16

	Poids des fecès(kg)	Eau (%)
TAUREAU		
Ration d'entretien		
- foin de graminées	20,46	82,6
- foin de graminées	16,88	81,3
- foin de luzerne	12,30	85,1
- foin de luzerne	9,12	74,3
- foin de luzerne	9,18	85,1
Ration d'engraissement		
- foin,ensilage,farine de maïs	20,73	77,6
- foin,ensilage,farine de maïs	23,56	83,1

	Poids des fecès(kg)	Eau (%)
- foin, ensilage,tourteau de coton,tourteau de lin	19,20	79,7
- foin,ensilage,tourteau de coton,tourteau de lin	25,48	80,4
Au cours du jeûne		
- premier jour	19,06	79,5
- sixième jour	2,54	76,6
- onze-quatorzième jour	1,11	85,9
VACHE SECHE		
- foin de graminées	16,07	81,8
- concentrés	4,41	76,9
- concentrés	3,18	76,3
VACHE EN LACTATION		
- foin, ensilage,grains	22,50	84,1
- foin, ensilage,grains	25,30	87,8
- foin, ensilage,grains	29,97	84,3
- foin de luzerne	22,00	83,7

Excrétion d'eau en fonction du type de ration (Simonnet d'après Leich et Thompson) (110).

D'une manière générale, la teneur des fecès en eau est légèrement plus élevée chez la vache en lactation que chez la vache sèche et chez la vache que chez le taureau. On compte, en moyenne, une élimination d'eau par les fecès égale à quatre fois le poids de la matière sèche chez le taureau et la vache sèche, et à cinq fois chez la vache laitière.

On a cherché s'il existait une relation entre la teneur des fecès en eau et la teneur de l'alimentation en cellulose brute ou en extractif non azoté. Les résultats sont peu cohérents.

TABLEAU N°17

	Eau des fecès	Cellulose brute	Extractif non azoté(E.N.A)	Eau / Cell.+E.N.A.
TAUREAU (entretien)				
. foin de luzerne	6,78	1,11	0,62	3,9
. foin de luzerne et farine de maïs	3,41	0,34	0,32	5,2
VACHE SECHE				
. foin de graminées (fléole)	13,15	0,99	1,29	5,8
. foin d'avoine	8,20	0,30	0,72	8,0
VACHE LAITIERE				
. foin,grains ensilage	25,2	1,33	2,19	7,2
. foin,grains ensilage	22,2	0,88	1,30	10,2
. foin,grains ensilage	19,6	0,90	1,30	8,0

Relation entre la teneur des fecès en eau et la teneur de l'alimentation en cellulose brute (Simonnet, d'après Leich et Thompson)(110).

Chez le veau diarrhéique, la perte hydrique par les fecès est accentuée et, en même temps, les pertes minérales en sodium et potassium.

TABLEAU N°18

fecès	Veau sain	Veau diarrhéique	Variation
Poids en kg	moins de 0,5	de 1 à 2,5	x 2 à 5
Teneur en MS(%)	20 à 25	inf. à 12	: 2
Quantité d'eau fécale en g/j	160	1 030	x 6,4
Excrétion Na(+) en g/j	0,285	2 151	x 7,5
Excrétion K(+) en g/j	0,446	1,288	x 2,8

Comparaison des pertes hydriques et minérales par les fecès chez le veau sain et chez le veau diarrhéique (Belon) (7).

d) Sécrétion lactée

La perte d'eau due à la sécrétion lactée est importante. La production de un litre de lait entraîne chez la vache l'élimination de 873 grammes d'eau en moyenne (871-877), soit, pour une vache produisant 20 litres de lait, plus de 17 litres d'eau, le double de la perte moyenne par l'urine. Cette perte d'eau correspond à un besoin généralement considéré comme plus élevé, 1.5 à 3 litres, sans doute, du fait du niveau métabolique plus considérable que la lactation entraîne (110).

En effet, la production de ce lait par l'organisme nécessite une importante activité métabolique dont celle de l'eau (70).

Le rapport eau totale ingérée/ matière sèche varie suivant que la vache est sèche ou en lactation :

- variation de 1,6 à 6,2 pendant la lactation
- variation de 2,07 à 4,32 hors lactation (50).

L'attention doit être attirée sur la nécessite d'assurer un approvisionnement en eau abondant aux vaches laitières entretenues à

l'étable ; on sait le rôle, si important, que la boisson joue dans le régime de ces animaux, puisque le lait renferme 85 % d'eau. Aussi a-t-on pu dire : " pas d'eau, pas de lait ".

Suivant la nature du régime alimentaire, une vache de 600 kg en lactation exige 60 à 90 litres d'eau en 24 heures. Le rendement en lait augmente lorsque les vaches peuvent boire à volonté, soit à l'étable, soit au pâturage. Tel sujet qui ne produit que 10 litres de lait par suite d'un abreuvement insuffisant, en fournira 13 à 15 l si ses besoins en liquides sont satisfaits. Cependant, cette constatation amène une remarque que nous considérons comme importante, car elle va à l'encontre d'un préjugé très répandu : si les besoins sont convenablement remplis, il ne faut pas espérer augmenter le rendement laitier par un apport supplémentaire d'eau, même en quantité excessive dans la ration, autrement dit, chaque vache laitière est capable de fournir une quantité de lait déterminée et maximum lorsque la ration alimentaire est judicieusement établie ; il n'est pas possible de franchir cette limite maximale quelques soient les quantités d'eau données en supplément.

Par contre, un abreuvement insuffisant nuit à l'établissement d'une bonne sécrétion lactée (102).

Les vaches produisant 45 kg de lait boivent 135 litres d'eau. On compte avec l'eau des aliments 4 à 5,5 kg d'eau par kg de lait ou 1,5 à 2 litres d'eau d'abreuvement par kg de lait (110).

e) Néoformation des tissus

La teneur en eau de l'organisme diminue avec l'âge. Le niveau nutritionnel influe aussi sur la teneur en eau de l'organisme.

C'est ainsi que le taureau maigre renferme 57% d'eau et que le boeuf très gras n'en renferme que 42% (50). Un abreuvement insuffisant nuit à la croissance et au parfait développement du jeune ainsi qu'à l'engraissement (102). La fixation d'eau dans les tissus formés au cours de la croissance est importante, elle décroît avec l'âge et le degré d'engraissement, elle varie entre 35 et 70% du gain de poids (110).

f) Le travail musculaire

Le travail musculaire ne s'accompagne pas de la consommation directe d'eau bien que le tissu musculaire fixe à cette occasion 5 à 10 % de son poids d'eau, mais le travail musculaire exige l'évaporation d'eau pour compenser la production d'extra-chaleur résultant de la transformation de l'énergie chimique en énergie mécanique (110).

L'effort s'accompagne de sudation donc d'une perte d'eau. Plus l'effort est grand, plus les sorties d'eau seront importantes. C'est pourquoi, le travail ou le trait (boeufs) provoque un accroissement du besoin en eau (70).

CONCLUSIONS SUR LES DEPENSES EN EAU

En définitive, les besoins résultent de trois dépenses principales :

- une qui est déterminée par la quantité d'aliments ingérés afin d'en assurer le transport digestif et d'en éliminer les produits de déchet par les voies fécales et urinaires,
- une qui est proportionnelle à la quantité de chaleur à dissiper, lorsque la température ambiante dépasse un certain niveau,
- une qui est déterminée par les productions : la quantité d'eau exportée par kilogramme de lait secrété est, en moyenne, de 0,87 kg; la quantité d'eau fixée par kilogramme de gain varie de 0,4 à 0,6 kg selon le stade de croissance et la proportion de graisse dans le gain(49).

2°) L'APPORT EN EAU DE L'ORGANISME

Il est réalisé de façon endogène par les réserves d'eau et par l'eau issue des différents métabolismes et de façon exogène par l'eau contenue dans les aliments et par l'eau ingérée en nature, cette dernière assurant la couverture des besoins.

a) L'eau d'origine endogène

Elle a deux sources d'importance inégale : les réserves d'eau et l'eau provenant de la combustion des nutriments organiques.

- Les réserves d'eau

Les réserves d'eau dont l'organisme dispose sont minimes. Elles sont représentées par l'eau des liquides circulants et l'eau des liquides interstitiels. Un certaine partie de cette eau peut être utilisée en cas de bilan négatif mais, très vite, des troubles apparaissent, dûs à la diminution de l'hydrémie et à l'augmentation de la concentration des humeurs. Cette contribution à l'économie de l'eau n'est donc qu'une ressource de seconde ligne contre l'établissement d'un bilan négatif.

L'eau des réservoirs gastriques représente une réserve assez importante chez les herbivores, mais la quantité d'eau physiologiquement disponible est faible car la résorption de cette eau entraîne rapidement une dessiccation du contenu gastrique des réservoirs incompatibles avec leur fonctionnement normal (110).

- L'eau métabolique

Elle est produite dans l'organisme par les réactions chimiques (oxydations des nutriments, polymérisations ou condensations..). De l'eau peut également être libérée par la fonte des tissus en période de bilans énergétique et(ou) azoté négatifs. Cette source d'eau métabolique joue un rôle appréciable dans la survie des animaux en cas d'apport exogène d'eau très insuffisant (49).

L'eau métabolique formée par l'oxydation des aliments peut être calculée par l'emploi de facteurs obtenus par les équations d'oxydation de protéines, graisses et hydrates de carbone typiques. Il y a respectivement 41, 107, et 60 grammes d'eau formée par l'oxydation de 100 grammes de protéines, graisses et hydrates de carbone. Chez l'animal à jeun ou recevant une nourriture carencée en protéines, l'eau peut être formée par la destruction des protéines des tissus. On prétend que les protéines des tissus sont associées à trois fois leur poids d'eau donc 3 grammes d'eau sont libérés quand

1 gramme de protéines de tissu est métabolisé (82).

b) L'eau d'origine exogène

Elle est représentée par l'eau contenue dans les aliments et par l'eau de boisson.

- Eau des aliments

La quantité d'eau apportée par les aliments solides est très variable. Elle est faible dans certains aliments : 10 à 12% dans le cas des grains, des foins, des farines de viande, des farines de poisson; elle est, au contraire, élevée :65 à 80 % dans l'herbe de pâturage, 85 % dans les racines, 90 % dans les pulpes, 94 % dans le petit lait (37).

TABLEAU N°19

ALIMENTS FOURRAGES VERTS :	
Maïs	73,1 % d'eau
Luzerne	74,1 % d'eau
Fléole	67,9 % d'eau
ALIMENTS SECS	
Maïs tiges	9,4 % d'eau
Maïs grains	12,8 % d'eau
Soja grains	9,8 % d'eau
Luzerne feuilles	11,0 % d'eau
Luzerne tiges	11,4 % d'eau

Composition centésimale moyenne de quelques aliments naturels du bétail (Jacquot) (50).

Les herbes de pâturage des régions tempérées ont une teneur en eau élevée ce qui réduit la demande en eau de boisson. Dans les pays tropi-

caux, à mesure que s'installe la saison sèche, les herbes et arbres perdent de leur teneur en eau sous l'action conjuguée de la chaleur, du degré hygrométrique faible, de l'évaporation et de la raréfaction de l'eau (70). Citons, le cas particulier du lactosérum doux de fromagerie, qui est parfois substitué en partie à l'eau d'abreuvement dans l'alimentation des vaches laitières. Ce lactosérum, outre sa valeur alimentaire, apporte à l'animal une quantité d'eau non négligeable (128).

- Eau d'abreuvement : couverture des besoins

L'eau de boisson fournit le complément d'eau nécessaire à l'animal.

Ce besoin est fonction du format de l'animal, du rapport surface/masse, de l'animal lui-même et de son degré de production. Les bovins consomment d'importantes quantités d'eau, afin de bien diluer les aliments contenus dans leurs énormes réservoirs gastriques.

Les variations des besoins d'eau tenant aux races sont surtout liées à l'adaptation de celles-ci aux contraintes du milieu. Ainsi les races locales des pays tropicaux sont moins exigeantes en eau que les races importées (70).

La dose de liquide qu'il faut fournir à l'animal correspond à la différence entre la quantité totale indispensable à l'organisme et la quantité ingérée avec les aliments. D'où le rôle important du régime alimentaire dans l'établissement d'un abreuvement judicieux.

L'eau doit être fournie en abondance aux animaux. D'une façon générale, les animaux doivent pouvoir boire à volonté. L'effort et le travail d'une part, les contraintes climatiques (chaleur, ventilation, degré hygrométrique, teneur en eau des fourrages) d'autre part, font grandement varier les besoins en eau des animaux. C'est pourquoi, ces besoins sont différents dans les pays tempérés et dans les pays tropicaux, compte tenu des formats et des niveaux de production respectifs des animaux (70).

. Normes d'abreuvement

Milieu tempéré

La consommation moyenne est, pour le boeuf, de 40 à 50 litres par jour (de 26 à 66); pour la vache laitière, la consommation est de l'ordre de 60 à 70 litres par jour (de 33 à 110) (94, 103, 82).

Pour les bovins de boucherie de deux ans, on doit compter sur un minimum de 45 litres par tête ou 8 à 9 litres pour 100 kg. Cette quantité peut être insuffisante si les animaux ont un long trajet à effectuer pour atteindre le lieu d'abreuvement (110).

Ces chiffres sont des chiffres moyens qui sont souvent dépassés en période chaude (102).

Milieu tropical

Dans les zones arides (Haute-Volta), la consommation journalière en moyenne est estimée à 16 à 18 litres pour les zébus (Bos indicus) et 14 à 16 litres pour les taurins (Bos taurus) (70).

Pour le bétail tropical, les normes suivantes ont été rapportées: pour les bovins en élevage extensif sans possibilité de pâturage de nuit, la consommation est de 30 à 40 litres par jour.

TABLEAU N°20

	Zébus	Taurins
Avec pâturage de nuit		
- saison sèche	21	20
- saison des pluies	16	12,5
Sans pâturage de nuit suivant la saison	30 à	40 litres

Normes d'abreuvement d'après les études I.E.M.V.T. (Diallo)(29).

. Variation avec le climat

Les facteurs climatiques liés aux saisons exercent une grande influence sur l'abreuvement des animaux. Interviennent également l'ensoleillement de la saison, le fait que l'animal soit à l'étable ou au pâturage ainsi que les rythmes nyctéméraux.

Pendant la période de stabulation, les animaux se trouvent sous l'influence du microclimat environnant, à savoir la teneur de l'air en gaz carbonique et en vapeur d'eau.

Au pâturage, en période chaude, l'ensoleillement a une forte influence sur la soif des animaux. Les hautes températures augmentent les besoins d'eau nécessaires à l'organisme pour compenser la vaporisation pulmonaire et l'évaporation cutanée servant à maintenir la température corporelle constante.

KOCJAN (1966) mène des recherches sur 50 jeunes taureaux répartis en 5 groupes :

- un premier groupe reste à l'étable (I)
- un deuxième groupe est au dehors et régulièrement aspergé d'eau (II)
- un troisième groupe reste à l'ombre (III)
- un quatrième groupe est en libre pâture au soleil (IV)
- un cinquième groupe est exposé à un ensoleillement intensif mais soumis à une forte ventilation (V).

L'eau consommée par animal et par jour dans chaque groupe a été mesurée :

TABLEAU N°21

Groupes	I	II	III	IV	V
Quantité d'eau consommée en l/animal/ j	20,2	19,5	21,5	26,0	25, 7

Quantité d'eau consommée et facteurs d'ambiance (Kocjan) (77).

Le bovin, ainsi que le montrent WINCHESTER et MORRIS (1956) a une prise d'eau quotidienne qui varie beaucoup en fonction essentiellement de la température ambiante. Ainsi des génisses et des bouvillons,de races européennes, qui pèsent environ 450 kg et mangent 10 kg de matière sèche par jour, boivent quotidiennement 28, 41 et 66 litres d'eau à respectivement 4, 21 et 32°C. HOFFMAN et SELF (1972) étudient les facteurs qui affectent la consommation d'eau sur des lots de bovins d'engraissement durant 5 étés et 4 hivers.

Les lots de bovins d'engraissement, d'un an environ, consomment approximativement 50 % de plus d'eau en été qu'en hiver et 8 % de moins en été à l'abri. L'abri, en hiver, n'a apparemment aucun effet (82).

En milieu tropical, les besoins varient surtout en fonction des facteurs extrinsèques notamment le climat (température, degré hygrométrique). Ainsi, lorsque la température présente des pointes diurnes atteignant 45 à 50°C, que le degré hygrométrique de l'air est très bas (15%), l'évaporation très forte et la teneur en eau des plantes fourragères très faible, les besoins journaliers des bovins atteignent 50 litres et plus par adultes (29).

D'après les données de WINCHESTER et MORRIS (1956), la quantité totale d'eau ingérée par kg de matière sèche serait pratiquement constante chez les bovins pour des températures ambiantes inférieures à 5 à 10°C. Elle augmente, ensuite, quand la température s'élève, d'abord lentement, puis de façon accélérée à partir de 20 à 25°C. Par rapport à la valeur observée à 10°C(de l'ordre de 4 kg d'eau par kg de M.S.I), l'augmentation est de l'ordre de 15 % à 15°C, 30 % à 20°C, 50% à 25°C et près de 100 % à 30°C. Aux températures très élevées, une partie de l'accroissement observée résulte de la diminution de la quantité d'aliment ingérée et on observe des différences importantes avec le degré d'adaptation des animaux : ainsi les animaux de sang zébu consomment moins d'eau que les bovins de races européennes.

En portant les températures en abscisse et les consommations d'eau en ordonnée , on obtient deux courbes différentes selon qu'il s'agit

de bovins européens ou de zébus.

La distribution d'eau rafraîchie peut être utile dans les milieux très chauds. Ainsi, en Californie, pendant les périodes estivales où la température était de l'ordre de 33°C, la distribution d'eau à 18°C a permis aux bovins à l'engrais de races européennes (mais pas aux croisées zébu) d'augmenter leur ingestion alimentaire, leur croît et leur efficacité alimentaire tout en buvant moins d'eau (LOFGREEN et coll.1975). Par contre, aucune amélioration n'a été obtenue à des températures sensiblement plus faibles. L'influence des températures ambiantes basses est mal connue (49).

. Variation avec l'alimentation

Plus l'alimentation est sèche, plus les besoins en eau sont grands ; plus l'alimentation est juteuse, moins les animaux ont besoin d'eau. Toutefois, il a été établi que chez le boeuf s'alimentant avec un ensilage contenant 80 % d'eau, la soif persistait, l'eau contenue dans l'ensilage étant difficile à résorber.

Les travaux de WINCHESTER et MORRIS(1956) ainsi que les résultats de travaux américains aboutissent à la conclusion suivante : pour 1 kg de matière sèche dans l'alimentation, le boeuf a besoin de 3 à 4 litres d'eau et la vache laitière 4 à 6 litres (77).

BURKSER et VALLUSKAJA (1972) examinent l'influence d'une alimentation sèche ou aqueuse sur deux groupes de vaches laitières à l'étable produisant environ 16 litres de lait par jour. (tableau p. 99)

Le bilan hydrique est positif sur toutes les vaches. Les vaches du groupe I utilisent 28,5% de l'eau ingérée pour leur production lactée alors que les vaches du groupe II en utilisent que 26%.

Pour un litre de lait, la consommation d'eau est donc respectivement pour les groupes I et II de 3,04 et 3,36 kg d'eau.

Pour digérer 1 kg de matière sèche, il faut respectivement pour les groupes I et II , 4,29 et 4,26 kg d'eau.

Les vaches du groupe II recevant une alimentation aqueuse utilisent au total plus d'eau quoiqu'elles en absorbent moins par la boisson. Il en résulte donc une diurèse plus intense. Les animaux du

TABLEAU N°22

Groupes	Recettes en eau (kg)			Pertes en eau (kg)				Bilan
	Aliments	Boisson	Total	Lait	Fecès	Urines	Total	
(I) Alimentation sèche	29,336	20,000	49,336	14,066	20,660	9,268	43,994	+ 5,372
(II) Alimentation aqueuse	33,413	18,670	52,083	13,534	23,447	10,064	47,049	+ 5,034

Influence d'une alimentation sèche ou aqueuse sur le bilan hydrique (Burkser et Valuskaja) (15).

groupe II éliminent par les fecès 13,3 % et avec les urines 8,5% de plus que les animaux du groupe I.

Au pâturage, le problème de la soif est également important. KREIL et WEILAND étudient sur deux groupes de génisses de 1 à 2 ans l'influence d'une pâture humide ou sèche sur l'ingestion volontaire d'eau.

TABLEAU N°23

Pâturage	% moyen de M.S.	Eau contenue dans la nourriture en kg	Eau de boisson ingérée (kg)	Eau totale ingérée(kg)
Non arrosé	23,2	20,6	30,5	51,1
Arrosé	16,1	39,7	13,2	52,9

Influence de l'humidité du pâturage sur l'ingestion volontaire d'eau (Kreil et Weiland) (55).

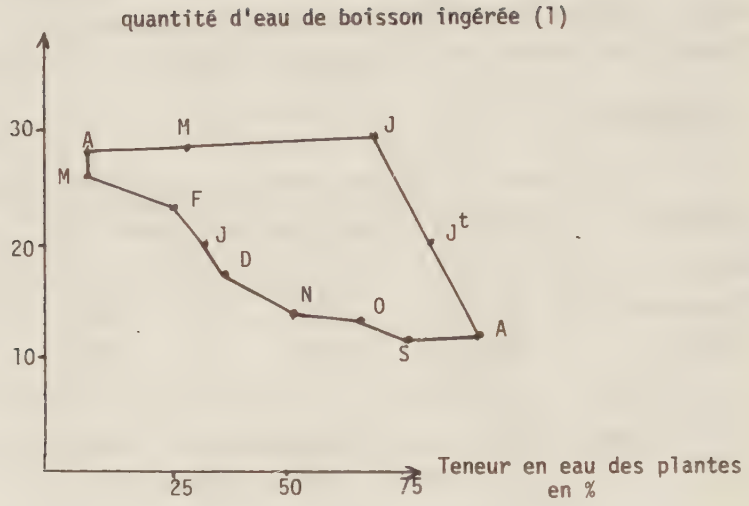
L'eau totale ingérée est presque égale dans les deux cas. Les génisses sur le pâturage arrosé absorbent plus d'eau par leur alimentation et leur ingestion d'eau d'abreuvement est fortement diminuée (77).

Dans les pays tropicaux,à mesure que s'installe la saison sèche, les plantes perdent leur eau constitutionnelle. Cette baisse de teneur en eau des plantes provoquera une augmentation de l'eau de boisson pour que les besoins totaux soient satisfaits. (voir fig. 3)

La quantité d'eau ingérée par un bovin est fonction de la quantité de matière sèche de la ration et de la température ambiante.

A 100°F (environ 37,7°C), la quantité d'eau absorbée n'atteint pas 1, 25 gallon (par livre de matière sèche ingérée) chez le zébu tandis qu'elle atteint presque 2 gallons (environ 7,56 l) chez les bovins européens.

FIGURE N°3



Teneur en eau des plantes et quantité d'eau de boisson ingérée (Pagot et Delaine) (85).

$$Ea\ (\text{gallons}) = Ei - \frac{\dfrac{\%\ \text{eau des aliments}}{\%\ \text{M.S aliments}} \times \text{M.S ingérée par jour}}{\text{poids de l'eau (en livres gallon)}}$$

Ea = consommation d'eau d'abreuvement

Ei = quantité totale d'eau ingérée

MS = matière sèche (127).

L'influence de la nature de l'alimentation sur les besoins en eau est soulignée par les quelques exemples suivants, pris sur des

bovins à l'engrais.

TABLEAU N°24

	Eau (kg/animal)	Kg d'eau/ kg d'aliment
Farine de maïs, son, tourteau, foin	35,5	2,5
Farine de maïs, mélasse foin de maïs	32,8	2,4
Foin , tourteau	41,0	3,4
Maïs en grain, foin de maïs	24,7	1,8

Influence de la nature de l'alimentation sur les besoins en eau (Morrisson) (80)

Régime de base : foin 0,9 kg, grains 4,5 kg

TABLEAU N°25

	Eau consommée (l)	Total (l)	Lait (l)
a) + ensilage 11,7 kg	29,160	36,900	12,150
b) + navets 36,763kg	13,410	47,880	11,025
c) + navets 56,065kg	0	48,625	10,980
pulpe sèche	-	46,080	-
pulpe fraîche	-	46,035	-

Influence de l'eau apportée par les aliments (Henderson et Teague) (44).

De même des génisses alimentées avec du fourrage frais et de l'ensilage peuvent couvrir 20 % de leurs besoins en eau par la nourriture (82).

On a cherché à exprimer le besoin d'eau totale en fonction de la quantité de matière sèche de la ration. Les chiffres fournis par ce mode de calcul manquent de précision. Le rapport Eau/M.S varie, en effet, chez les bovins mâles et chez la vache sèche de 2,07 à 4,32 et chez la vache laitière de 1,06 à 6,2 (44).

D'une façon très générale, la quantité totale d'eau ingérée est étroitement liée à la quantité de matière sèche ingérée (M.S.I.) : par kg de M.S.I. supplémentaire elle augmente chez les vaches laitières de 3,5 (aliments secs) à 5,5kg (fourrages aqueux) (CASTLE et THOMAS.1965- PAQUAY et coll. 1970 - HODEN. 1977), cela pour des températures ambiantes de l'ordre de 15°C. Cette relation traduit le fait que les pertes d'eau fécales et urinaires augmentent avec les quantités de déchets, et aussi, que la M.S.I. augmente avec le besoin énergétique et la production.

La quantité d'eau bue varie en sens inverse de la quantité d'eau apportée par les aliments, donc dans le même sens que la teneur en matière sèche. Pour des ensembles de rations hivernales, on a, par exemple, observé chez les vaches laitières,une augmentation moyenne de 0,5 l par jour par point de matière sèche supplémentaire (CASTLE et THOMAS. 1975 - HODEN. 1977).

Lorsqu'ils disposent à volonté d'herbe jeune, les bovins consomment peu d'eau de boisson (de l'ordre de 20 % de la quantité totale ingérée).

Les deux relations précédentes ont conduit depuis longtemps à exprimer les apports d'eau en kg/kg M.S.I (LEROY, LEITCH et THOMPSON 1944 - A.R.C. 1965...). Ce mode d'expression est commode mais obligatoirement approximatif. Une part importante du besoin en eau est indépendante de la M.S.I. : l'animal continue à boire lorsqu'il est au jeûne il diminue moins sa consommation d'eau que sa consommation de matière sèche lorsqu'on restreint celle-ci; il l'augmente beaucoup aux températures élevées alors qu'il diminue sa consommation d'aliments.

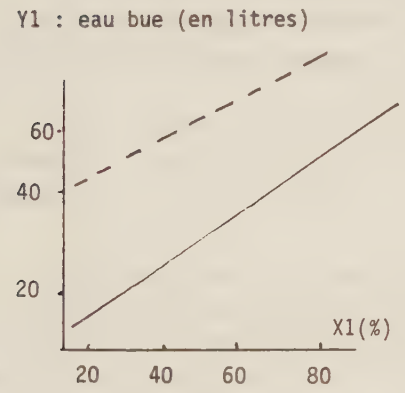
TABLEAU N°26

Veaux pendant la phase d'allaitement	6-7
Bovins en croissance ou à l'engrais	3,5
Vaches en fin de gestation	4,0-4,5
Vaches en lactation	4,2-4,5

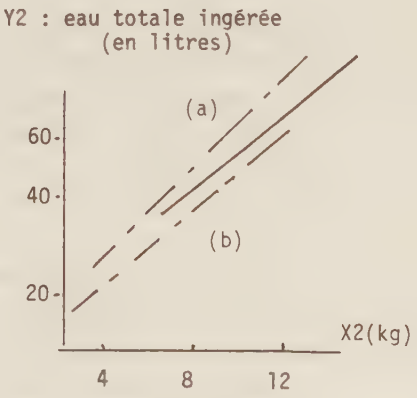
Valeurs approximatives des quantités d'eau totale ingérées (en kg/kg de M.S.I.) par les bovins en stabulation hivernale (température inférieure à 15°C) (I.N.R.A.1978) (49).

Ces valeurs supposent que les animaux consomment les quantités de matière sèche prévues dans les tableaux des apports alimentaires recommandés. Elles ont été établies à partir des propositions de l'A.R.C. (1965).

FIGURE N°4



X1 : teneur en matière sèche de la ration.



X2 : matière sèche totale ingérée

------- CASTLE et THOMAS.1975 - 14 troupeaux en lactation
(16,8 kg de lait par jour)

Y1 : 0,50 X1 +23,9 r = 0,73
n : 84 troupeaux-périodes

——— HODEN.1977 - 42 vaches taries en contrôle individuel

Y1 = 0,54 X1 +2,1 r = 0,70
n = 109 vaches -périodes

Y2 = 3,69 X2 + 8,4 r = 0,82
n = 219 vaches taries

— - — PAQUAY et coll. 1970

(a) fourrage aqueux Y2 = 5,47 X2 + 2,6
r = 0,89
n = 27

(b) rations " sèches " Y2 = 4,55 X2 - 7,3
r = 0,94
n = 38

Relations entre d'une part la quantité d'eau bue (Y1) et la teneur en matière sèche de la ration (X1) et d'autre part la quantité d'eau totale (Y2) et la quantité de matière sèche ingérée (X2) (I.N.R.A. 1978) (49).

TABLEAU N°27

Ration de fourrage		Production : 10 kg lait		Production :25 kg lait	
Nature	Teneur en M.S (%)	Eau totale ingérée	Eau bue	Eau totale ingérée	Eau bue
Herbe jeune	15	5,5	1,0	5,5	1,0
Ensilage de maïs	30-35	4,3	2,3	4,2	2,7
Foin +ensilage d'herbe	45-55	4,3	3,3	4,2	3,5
Fourrages secs	85	4,3	4,1	4,2	4,0

Influence de la nature de la ration de fourrage sur la quantité d'eau totale ingérée et d'eau bue par les vaches laitières (valeurs approximatives à des températures ambiantes ne dépassant pas 20°C , exprimées en kg par kg de M.S.A.) (I.N.R.A. 1978) (49)

Ce tableau illustre les variations selon le régime alimentaire des quantités d'eau totale ingérée et d'eau bue à une température ambiante de 15°C.

Exprimée par kg de M.S.I, ces consommations sont relativement indépendantes du niveau de production laitière tout au moins pour les productions moyennes.

Toutes conditions égales par ailleurs, la quantité totale d'eau ingérée par kg de M.S.I,présente certaines variations avec la composition de la ration. Elle est plus élevée avec les aliments aqueux (herbes, ensilages..) qu'avec les aliments secs : de 0,9 kg dans les très nombreuses observations de PAQUAY et coll.1970, de 1 kg entre l'herbe verte et la même herbe déshydratée (VERITE et JOURNET. 1970), de 0,5 à 1,5 kg entre l'ensilage

et le foin préparé à partir du même fourrage sur pied (WALDO et coll.1965). Cette différence est due essentiellement à l'apport d'eau par les aliments humides.

Des variations peuvent aussi résulter de différences dans la composition de matière sèche. PAQUAY et coll. (1970) constatent ainsi une relation positive significative entre la quantité d'eau totale et les quantités ingérées d'azote, de matières grasses, de potassium, de magnésium et de chlorures. La quantité d'eau bue peut être accrue par la diminution du pH dans le rumen ou par l'augmentation des pertes d'eau fécale ou des quantités de produits à éliminer dans l'urine.

On sait ainsi que l'addition de Na Cl (ou de K Cl) accroît la consommation d'eau, tout au moins tant que sa concentration dans la ration ne dépasse pas un certain taux (49).

Citons, pour terminer, l'emploi possible du lactosérum doux de fromagerie. Ce constituant peut atteindre aisément 30 % de la matière sèche de la ration totale, soit 50 à 100 litres par vache laitière et par jour sans aucun inconvénient. Une restriction sévère des concentrés secs serait susceptible de forcer l'ingestion de lactosérum jusqu'à 150 litres par animal et par jour, mais en entraînant une réduction de l'appétit global, exprimée en kg de matière sèche par animal et par jour, et, par conséquent, un abaissement des performances.

Toutefois, la libre disposition d'eau de boisson reste nécessaire, et l'abreuvement se répartit approximativement pour 2/3 vers le lactosérum et pour 1/3 vers l'eau (128).

. Variation avec la production lactée

La quantité d'eau ingérée par une vache laitière dépend des conditions climatiques, de la quantité d'aliments ingérée et de leur teneur en matière sèche, mais aussi, de la quantité de lait produite et de sa teneur en matière grasse.

WINCHESTER et MORRIS (1956) ont établi qu'une vache en lactation à 21°C pesant environ 450 kg consommait 30 litres d'eau par jour plus 2,7 litres par kg de lait produit à 4 % de matière grasse. Ainsi des

vaches produisant 40 kg de lait par jour peuvent boire jusqu'à 110 kg d'eau si leur alimentation est sèche (82).

KREIL et WEIDLAND comparent les besoins en eau pendant la période de pâture entre des vaches à haute production laitière et des génisses âgées. Les recherches sont conduites pendant une année normale et une année sèche sur six vaches et cinq génisses.

TABLEAU N°28

	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
1958: Année normale						
Vaches	49,2	48,0	41,4	45,5	56,3	39,1
Génisses	26,2	39,2	27,7	31,8	35,4	23,7
1959 : Année sèche						
Vaches	78,1	93,3	109,5	76,7	85,9	90,0
Génisses	48,4	48,8	56,2	37,3	35,1	30,7

Comparaison des besoins en eau entre des vaches à haute production laitière et des génisses pendant une année normale et une année sèche (Kreil et Weidland) (55).

Ces résultats montrent, d'une part, que les besoins en eau d'une vache laitière sont parallèles entre une année normale et une année sèche, mais parfois, multipliés par deux dans les mois les plus chauds (juillet où les besoins peuvent atteindre 109,5 litres d'eau par animal et par jour)

D'autre part, nous pouvons constater que les besoins pour une vache haute productrice sont presque le double que pour une génisse non productrice. Cette différence est bien liée à la production lactée (77). Dans les mêmes conditions de milieu et avec une même ration, la quantité totale d'eau ingérée augmente avec le besoin en eau de l'animal.

Les vaches en lactation ingèrent évidemment plus d'eau que les vaches taries : plus de deux fois par rapport au poids vif(17 % au lieu de 7%) chez celles qui produisent plus de 25 kg de lait (PIATOWSKI 1966). Mais, elles consomment aussi plus de matière sèche de sorte que les différences sont beaucoup plus faibles lorsqu'on les exprime par kg de matière sèche ingérée : 0,35 kg dans les observations de HODEN (1977) pour une production laitière de 17 kg en moyenne. Dans une vaste enquête réalisée en Grande.Bretagne, on a trouvé une relation positive entre la quantité d'eau bue (ou ingérée) et la production laitière, plus faible cependant qu'avec la quantité dematière sèche ingérée (CASTLE et THOMAS. 1975). Une réduction (de 20 à 40%) de la quantité d'eau offerte par rapport à celle bue ad libitum, entraîne une diminution immédiate de la production laitière (LITTLE et coll. 1976). (49).

. Variation avec l'âge

Il a été établi que les besoins en eau sont plus fonction de la surface corporelle que du poids (82). D'un point de vue quantitatif, les jeunes animaux consomment moins d'eau que les adultes. Par contre, si l'on examine le problème par leurs proportions, les jeunes ont des besoins en eau beaucoup plus grands et impérieux que les adultes. On comprend alors leur forte mortalité en saison sèche dans les régions désertiques par insuffisance d'eau (70).

3°) MESURE DU BESOIN EN EAU

Une mesure précise du besoin en eau d'un animal peut être intéressante, non seulement, d'un point de vue scientifique, mais aussi, d'un point de vue pratique, pour connaître la limite inférieure des besoins dans les conditions d'exploitation où les approvisionnements d'eau sont limités : transports à grandes distances et surtout périodes de pénurie ou de disette d'eau.

Les facteurs modificateurs qui doivent être pris en considération pour résoudre ce problème sont nombreux.

TABLEAU N°29

	Pâturage	Stabulation
FACTEURS DEPENDANT DU RATIONNEMENT	(Kg)	(kg)
Matière sèche de la ration	11,4	11,7
Matière sèche digestible	7,6	8,8
Indigestible	3,8	2,9
Protéines digestibles	1,5	2,6
Energie métabolisable	33 244 cal.	40 734 cal.
RECETTES D'EAU		
Eau des aliments	1,7	46,7
Eau métabolique	4,4	4,9
Total	6,1	51,6
PERTES D'EAU		
Eau des fecès 3,8 x 5	19,0	14,5
Eau de l'urine	10,0	17,7
Eau d'évaporation,40% de la chaleur provenant de 80% de l'énergie métabolisable	18,8	20,0
Eau du lait 18,1 x 0,87	15,7	15,7
Total des sorties	63,5	67,9
Eau des aliments et eau métabolique	- 6,1	-51,6
Eau d'abreuvement	57,4	16,3

Exemple de calcul du besoin en eau dans le cas de vaches laitières au pâturage ou en stabulation produisant 18,1 kg de lait et placées dans des conditions de températures modérées

(Simonnet, d'après Leich et Thompson)

(110)

La mesure de certains d'entre eux est facile, elle est plus aléatoire pour d'autres, surtout du fait que des variations individuelles se produisent. Dans une espèce donnée, on trouve de gros buveurs comme de gros mangeurs.

On pourrait fixer une sorte de besoin de base qui dépend de la quantité de chaleur à éliminer en fonction de l'énergie métabolisable. Chez les mammifères, on compte que 80% de l'énergie est transformée en chaleur dont 40% est dissipée par évaporation.

On a voulu fixer à 1 ml par calorie de chaleur produite, la quantité d'eau fournie par l'alimentation (ADOLPHE. 1933) : cette allocation est généralement considérée comme faible. Une autre dépense d'estimation facile est représentée par la fixation d'eau pendant la croissance ou par l'exportation d'eau dans le lait.

Il faut aussi tenir compte, dans les pertes d'eau, de l'élimination fécale et urinaire; les quantités d'eau ainsi perdues dépendent dans une certaine mesure de la nature de l'alimentation.

Mais la demande d'eau dont l'évaluation est la plus aléatoire est celle qui résulte de la régulation de l'homéostasie thermique vis-à-vis des températures élevées.

Les besoins d'eau en nature peuvent être calculés, à partir de ces données, en déduisant de la quantité totale d'eau nécessaire, celle qui est apportée par les aliments et par leur utilisation (eau métabolique).

Dans ces conditions, on devrait pouvoir établir des prévisions

Le rapport de l'eau ingérée(diminuée de la quantité d'eau perdue par le lait) à la matière sèche des aliments est voisine dans les deux cas, respectivement 3,8 et 4.

4°) BILANS HYDRIQUES

Le bilan hydrique conduit à examiner les besoins en eau de l'organisme et les modalités d'absorption d'une part, et l'excrétion de l'eau dans les conditions normales et pathologiques d'autre part.

L'organisme couvre ses besoins par deux sources d'eau : l'eau ingérée et l'eau produite par les métabolismes. La première est apportée par les aliments et le complément est assuré par la boisson. La seconde provient de l'oxydation des glucides et des lipides. Il est possible de subdiviser l'apport d'eau en deux fractions : la première dite non ajustable (eau liée aux aliments et eau d'origine métabolique) et la seconde ajustable qui est physiologiquement représentée par la boisson et réglée par les mécanismes neurophysiologiques de la soif : notons que dans certaines conditions thérapeutiques, la fraction ajustable est représentée par les solutés perfusés.

Cette notion de fraction ajustable se retrouve dans les processus de l'excrétion. En effet, l'eau excrétée est composée d'abord d'une fraction non ajustable constituée par l'élimination rénale obligatoire, la perspiration, l'eau évaporée au niveau des voies respiratoires et la sueur; l'eau évaporée pour la thermolyse indispensable à l'homéostasie thermique constitue une excrétion importante dont il faut tenir le plus grand compte en pathologie. Dans les pertes obligatoires, il faut inclure l'eau éliminée dans la sécrétion lactée. Durant les affections et maladies, les pertes d'eau s'augmentent des sécrétions et excrétions pathologiques (sudation et polypnée des pyrexies, pertes d'eau des vomissements et des diarrhées, suppurations diverses , évaporations directes intenses au niveau des plaies et des fistules). La maladie est toujours une cause d'augmentation de la fraction non ajustable de l'excrétion hydrique.

La fraction ajustable est constituée par l'excrétion rénale. Celle-ci est réglée par l'hormone antidiurétique ou vasopressine qui détermine la réabsorption tubulaire de l'eau en modifiant la perméabilité cellulaire. Ce phénomène est associé au métabolisme du sodium. Il faut noter que la libération de la vasopressine par les noyaux de l'hypothalamus et la post-hypophyse est un mécanisme neurovégétatif complexe qui est perturbée par les substances à action psychotrope en particulier, par les neuroleptiques, et, par les anesthésiques généraux. En outre,

l'action de la vasopressine est bloquée par les glucocorticoïdes.

En résumé, l'équilibre hydrique de l'organisme dépend du bon fonctionnement de deux mécanismes : un, neurophysiologique, la soif, qui conditionne l'ingestion d'eau, l'autre, neuroendocrinien, la sécrétion de vasopressine, qui tend à réduire, au minimum, les pertes d'eau en réduisant la fraction ajustable excrétée par le rein. Ces deux mécanismes possèdent un stimulus commun dans les variations de la pression osmotique du milieu intérieur qui agit en sens contraire sur l'un et l'autre. Mais, ces mécanismes sont fragiles et à la merci de perturbations minimes d'origine pathologique ou iatrogène. La correction des déséquilibres du bilan par un apport thérapeutique d'eau est souvent un moyen de favoriser le retour vers l'homéostasie (108).

L'étude quantitative des mouvements de l'eau peut être faite par la mesure des bilans d'eau,c'est-à-dire par la comparaison des entrées et des sorties d'eau et l'analyse des facteurs qui font varier l'intensité de ces postes.

Chez l'adulte normal, le bilan d'eau est en équilibre, c'est-à-dire que les entrées et sorties se compensent.

Le bilan peut être positif : les entrées sont alors plus importantes que les sorties, il y a rétention d'eau ; c'est ce qui se produit à l'état physiologique durant la croissance ou l'état pathologique lorsque les épanchements se forment dans les séreuses ou dans le tissu conjonctif (oedèmes). Le bilan peut être négatif : les sorties sont plus grandes que les entrées, il y a déshydratation; c'est ce qui se produit,par exemple, lorsque les pertes d'eau par vaporisation ne sont pas compensées par un apport d'eau suffisant.

L'établissement d'un bilan d'eau est une opération délicate qui exige la mesure exacte des recettes et des pertes d'eau de toute nature durant un temps déterminé.

L'établissement des recettes comporte la connaissance des quantités d'eau introduites par voie digestive : eau contenue dans les aliments, eau d'abreuvement , et de la quantité d'eau fournie par le métabolisme.

La mesure des pertes d'eau exige la détermination de la quantité d'eau éliminée par les matières fécales, de la quantité d'eau contenue dans l'urine et de la quantité d'eau perdue par évaporation (voie pulmonaire et voie cutanée). Elle comporte aussi, suivant les circonstances, la mesure de l'exportation d'eau par les productions de l'animal : lait, fixation d'eau dans les tissus au cours de la croissance. Le bilan de l'eau peut être établi en utilisant la formule suivante :

. bilan de l'eau = bilan du poids + bilan des matières solides ingérées et excrétées + bilan des aliments métabolisés.

. ou : $(Pf - Pi) + (Si - Se) + (G + 0{,}49\ P + L)$ (110).

L'eau corporelle est maintenue dans des limites très étroites par un équilibre dynamique entre les dépenses et les apports d'eau, dont la libération régulée de l'hormone antidiurétique et la sensation de soif sont les deux agents principaux (cf. ANDERSON et OLSON. 1970). Toutes deux sont induites par la déshydratation cellulaire. L'hormone antidiurétique, qui est synthétisée dans l'hypothalamus et stockée dans la neurohypophyse, ajuste la réabsorption rénale pour faire face aux variations de l'apport en eau (49).

Ce tableau (p.115) donne quelques exemples de bilans hydriques chez les vaches ayant une production latière élevée. On peut penser que les animaux ne boivent pas uniquement pour satisfaire leurs besoins, mais aussi, quelque peu par plaisir. Cela pourrait expliquer, au moins en partie, les grandes différences d'ingestion entre animaux ayant apparemment des besoins comparables, qui ont été signalées par différents auteurs (49).

TABLEAU N°30

Régime alimentaire des animaux	Quantité M.S. ingérées (Kg)	Eau ingérée			Eau excrétée			
		Alts	Boisson	Totale	Fecès	Urine	Lait	Totale
Ration complète agglo. mérée (90,1 % de M.S.)								
Vaches sous alimentées (22,0 kg de lait)	11,9	1,3	54,7	56,0	17,6	7,5	19,1	44,2
Vaches bien alimen. tées (29,7kg de lait)	14,0	1,5	65,2	66,7	20 ,7	10,8	21,8	53,3
Ration à base d'ensilage de maïs (43,8% de M.S.)								
Vaches bien alimentées (28,3kg de lait)	16,8	21,5	55,3	76,8	28,1	10,3	24,6	63,0

Exemples de bilans de l'eau chez les vaches laitières à la fin du premier mois de lactation (en litres par jour) (résultats obtenus par Journet, Remond et Verité) (I.N.R.A. 1978) (49)

NOMBRE d'animaux	RACES ET RATIONS	ENTRÉES D'EAU				SORTIES D'EAU					
		Boisson	Aliments	Métabolique	Total	Fèces	Urine	Vaporisation	Lait	Total	Bilan
	Holstein.										
11	Foin de graminées (fléole)	26,31	1,07	2,18	29,56	13,15	5,76	11,23	—	30,12	— 0,56
10	Foin de légumineuses (luzerne)	25,67	1,11	2,35	29,13	12,10	6,59	10,43	—	29,12	+ 0,01
2	Tourteau de lin, son	16,68	0,51	1,60	18,79	3,39	7,56	7,14	—	18,09	+ 0,70
2	Farine de maïs	11,15	0,65	2,00	13,80	1,82	2,92	9,24	—	13,98	— 0,18
	Jerseyaises.										
2	Foin d'avoine	20,31	0,83	2,10	23,24	8,80	4,98	9,22	—	23,00	+ 0,24
9	Foin de légumineuses	22,55	0,90	1,95	25,40	11,74	5,43	7,90	—	25,07	+ 0,33
1	Tourteau de lin, son	11,70	0,39	1,30	13,39	2,43	6,76	5,34	—	14,53	— 1,14
1	Tourteau de lin	9,62	0,31	1,02	10,95	2,16	4,23	4,60	—	10,99	— 0,04
2	Farine de maïs	6,58	0,45	1,42	7,55	1,13	2,00	4,61	—	7,74	— 0,19
	Vaches laitières Holstein.										
1	Foin de luzerne	51,60	2,30	3,10	57,00	18,60	10,50	13,74	12,00	54,84	2,16
1	Foin de soja	52,92	2,96	3,74	58,62	25,94	8,84	13,50	10,41	58,29	+ 0,33
2	Foin, grains, ensilage	39,21	11,90	2,80	53,91	22,21	8,99	14,72	9,42	55,34	— 0,57
	Jerseyaise.										
1	Foin de luzerne	53,70	1,40	2,80	57,90	25,30	10,30	13,70	10,20	59,50	— 1,60

Bilans hydriques réalisés sur plusieurs races bovines alimentées avec des rations variées (Simonnet, d'après Leich et Thompson) (110)

On remarquera la grande variabilité des entrées d'eau et l'inégalité de la répartition des sorties suivant la nature de l'alimentation. Ainsi, dans le cas des aliments peu concentrés, l'élimination fécale est voisine de la perte d'eau par vaporisation, elle est supérieure dans le cas des aliments concentrés.

Il est également à noter que la correspondance entre les entrées et les sorties d'eau est excellente dans la majorité des cas chez la vache sèche. Dans un cas seulement, la différence dépasse 1 kg ce qui représente 8,5 % des entrées. Chez la vache laitière, l'accord est encore meilleur, la plus grande différence représentant moins de 4 % des entrées (110).

Si des normes moyennes d'abreuvement pour les bovins peuvent être établies, celles-ci varient dans des proportions importantes selon les facteurs climatiques, le type de ration et le niveau de production.

QUATRIEME PARTIE

CONDUITE DE L'ABREUVEMENT

I) L'Abreuvement et les Productions

L'eau est pour les animaux une condition essentielle de santé, l'eau incorporée aux aliments en augmente considérablement la digestibilité.

Les bovins doivent toujours avoir de l'eau en abondance à leur disposition.

En un mot, l'eau est le facteur limitant principal de toutes les productions animales (94).

Les conditions climatiques des régions désertiques font que les animaux y vivant sont rustiques et peu productifs, l'eau est,là aussi,le facteur limitant de ces régions (70)

1°) PRODUCTION BOUCHERE ,

L'eau accroît la production bouchère. On peut concevoir qu'une alimentation en eau de bonne qualité augmente la précocité des animaux et évite,en partie,les maladies en maintenant le cheptel en bon état d'entretien dans la période hivernale.

On estime à 6 % l'accroissement de valeur qu'entraînerait une alimentation correcte en eau.

2°) PRODUCTION LAITIERE

Il n'y a pas de bon élevage et pas de production laitière de qualité sans eau.

L'eau accroît la production de lait. On admet qu'elle augmente la production d'une vache laitière de 100 litres par an et,dans certains cas, l'abreuvement peut améliorer le rendement de 20%.

L'installation de l'eau dans les étables est une dépense qui doit précéder tout autre amélioration.

Des expériences ont été menées dans le but d'étudier l'influence d'une réduction de l'abreuvement sur des vaches laitières.

Deux lots de quatre vaches étaient constitués. Un lot pouvait boire à volonté. L'autre lot était privé de 40 % de sa consommation d'eau pendant une période de trois semaines. Pendant l'expérience, plusieurs paramètres étaient mesurés dont la production laitière ainsi que la qualité du lait.

La chute de production laitière chez les vaches privées de 40 % de leur consommation volontaire d'eau fut d'environ 16 %. Cette chute intervient 24 heures après le début de la privation d'eau et ne se modifie plus pendant la suite de l'expérience.

TABLEAU N°32

	100 %	60%
Production de lait (kg/k)	20,2%	60 %
Solides totaux (%)	12,14	11,68
Matières grasses (%)	3,68	2,84
Protéines (%)	2,91	3,01
Lactose (%)	4,79	4,97
Sodium (g/kg)	0,44	0,53
Potassium (g/kg)	1,58	1,64

Production moyenne et composition du lait des vaches recevant pendant trois semaines 100% et 60 % de leur consommation volontaire d'eau (Little, Sansom, Manston, Allen) (67).

La différence de production laitière est significative mais les différences dans la composition du lait ne le sont guère (67).

II) Les Modes d'Abreuvement

La répartition des points d'eau dans la nature est très inégale et très capricieuse; encore que de ce point de vue, notre pays soit l'un des plus favorisés. Le problème du mode de distribution de l'eau est encore plus aigu dans les régions désertiques. Malgré la richesse en eau de notre pays, il n'en reste pas moins difficile de donner au problème de l'abreuvement des animaux une solution unique.

1°) LES POINTS ISOLES

On peut toujours songer à capter l'eau au loin. Signalons à ce sujet que pour les hameaux et groupes de fermes même réduites à trois ou quatre, les propriétaires peuvent constituer une association syndicale et réaliser une " amenée d'eau ", subventionnable par le Génie Rural. On exécute ainsi des installations rustiques, peu onéreuses, mais offrant des garanties suffisantes. Mais, le plus souvent, il faut s'adresser aux eaux naturelles superficielles (cours d'eau, mares..) ou souterraines (sources, puits) dont on peut disposer à proximité (103).

a) Les sources

Elles fournissent, en général, une eau très pure, comme l'ont montré PASTEUR et JOUBERT ; d'une façon générale, elles conviennent parfaitement à l'abreuvement des animaux, puisqu'il est assez exceptionnel d'y rencontrer des agents pathogènes à leur égard.

Notons, cependant, qu'en été, leur trop grande fraîcheur peut être préjudiciable au bon fonctionnement du tube digestif chez les vaches laitières, les jeunes animaux, les sujets revenant du travail qui ont tendance à en absorber en trop grande quantité (103).

Pour le captage et l'adduction d'eau de source, les précautions suivantes s'imposent :

- dans la plupart des cas,on doit faire aménager un bassin cimenté qui recevra directement l'eau. Ce bassin doit être clos et couvert par conséquent protégé des souillures, chutes de feuilles et autres nuisances. L'édicule ainsi réalisé, muni d'une porte fermant à clef, ceinturé d'un revers de ciment, sera établi au centre d'un enclos qui constituera le " périmètre de protection " et destiné à protéger le captage des déjections résultant de la divagation des animaux. Un système de tranchées et de pentes le mettra à l'abri si besoin des eaux de ruissellement.
- Il convient, par la suite, de vérifier périodiquement l'étanchéité de l'installation afin de remédier s'il y a lieu, aux fissures du bassin par lesquelles des contaminations seraient possibles.
- On devrait, par prudence, enlever les arbres et les arbustes qui se trouvent à proximité du tuyau d'écoulement, les racines pouvant pénétrer dans les joints de canalisations (73).

b) Les puits

Plus habituellement, dans les fermes isolées,on a recours pour s'approvisionner en eau à des puits. Lorsque sont observées les règles générales aujourd'hui bien connues qui président à leur établissement et lorsque leur protection est rigoureusement assurée, ils fournissent une eau acceptable. Mais, étant données les grandes quantités d'eau que nécessite l'abreuvement du gros bétail, ils ne sont utilisables à cet effet, que si la nappe souterraine est suffisamment abondante.

De même, est-il nécessaire de prévoir un système de pompage adapté aux besoins de l'exploitation.

Pour faire forer un puits, on a tout intérêt à rechercher la nappe profonde, c'est-à-dire celle qui se trouve sous la première couche imperméable. Cette couche n'est généralement pas souillée par les infiltrations qui proviennent de la fosse d'aisance, des déjections des animaux, des fosses à purin, du cheminement des eaux usées...

Le choix d'une nappe profonde, quoique produisant une eau généralement pure, n'empêche nullement les précautions d'entretien et d'utilisation. Si le puits est contaminé et quelque soit la cause de cette contamination, on doit procéder à sa désinfection.

La contamination peut provenir d'une fosse d'aisance ou d'une fosse à purin, de déjections animales notamment lorsque l'abreuvoir est trop voisin du puits, d'un évier trop rapproché... Dans tous les cas, il faut d'abord éliminer la cause de contamination : s'il s'agit de la fosse, on la démolit et on désinfecte son emplacement à la chaux ; quand c'est l'abreuvoir ou le lavoir, on les éloigne suffisamment. Ensuite, il faudra désinfecter le puits après l'avoir vidé et enlevé la vase. Les procédés de désinfection sont nombreux, c'est pourquoi, nous nous abstenons d'en donner les détails techniques. Signalons toutefois, que les produits utilisés à cet effet sont le lait de chaux, le permanganate de potasse, plus couramment l'eau de javel. Lorsque le puits est contaminé par un animal mort, une fois le cadavre retiré, on désinfecte avec du permanganate ou de l'acide phénique. PUTEAUX recommande l'un des mélanges suivants : alun-carbonate de soude ou alun-hypochlorite de soude (73).

TABLEAU N°33

Puits (profondeur en mètre)	Débit horaire possible (en mètres cube par heure)
20	2
40	1,2
60	0,8
80	0,6

Profondeurs des puits et débits possibles (Diallo) (29).

Pour des profondeurs importantes (200 à 300 mètres), un forage est nécessaire mais la technique est beaucoup plus coûteuse.

Il est également possible d'installer des éoliennes dans les régions où le régime des vents est favorable.La vitesse du vent doit dépasser la vitesse d'amorçage qui est de l'ordre de 3m/s. Ceci est concevable sur des surfaces planes très dégagées, ouvertes à tous vents. Un réservoir tampon de capacité variable doit être accolé à l'éolienne pour pallier aux insuffisances et à l'irrégularité du régime des vents.

c) Les cours d'eau

Si la ferme se trouve au bord d'un cours d'eau, il viendra immédiatement à l'idée de l'utiliser pour l'alimentation en eau. Les ruisseaux, rivières... fournissent des eaux dont les qualités varient. Ces eaux sont polluées ne serait-ce que par les pluies qui, lavant le sol, y apportent les souillures les plus variées ; mais une épuration spontanée très active (lumière, oxygénation par agitation, dilution, antagonisme microbien) joue et il n'est pas toujours interdit d'y abreuver les animaux. Certains éleveurs les considèrent même comme celles qui conviennent le mieux pour servir de boisson aux animaux.

Malheureusement, il est démontré scientifiquement qu'en aval de certaines usines de produits chimiques ou d'établissements traitant de produits animaux (ateliers d'équarrissage, tanneries..), l'eau peut être sur un certain parcours assez altérée pour qu'il soit prudent de s'abstenir de l'utiliser comme boisson.

Tenant compte de ces cas particuliers, la prise d'eau s'effectuera sur le point le plus convenable autant que possible en plein courant, en amont du déversement des eaux usées, à une profondeur aussi grande que possible, sous le lit même de la rivière, grâce à une chambre de maçonnerie spécialement aménagée. Ce dispositif a , en outre, l'avantage de clarifier l'eau avant de l'amener à l'étable ; mais, bien entendu, cette clarification n'équivaut pas à une épuration.

La prise d'eau en rivière doit donc être effectuée en amont des agglomérations, dans une zone où elle ne risque pas de pollution massive. L'idéal serait que l'eau puisée soit stérilisée. Les cours d'eau , les lacs et les étangs en bordure d'agglomération sont souvent et, contrairement, à la réglementation sanitaire, le réceptable de matières usées de toutes sortes et des plus nocives (73)

d) Les mares

Dans les localités où aucun des moyens précédents n'est utilisable, on est obligé de recueillir et de conserver l'eau de pluie. Le plus souvent, on se contente de creuser une cavité plus ou moins profonde et plus ou moins étendue où l'eau s'accumule et constitue une mare. On choisit, à cet effet, un emplacement vers lequel convergent des pentes susceptibles d'amener une quantité d'eau suffisante.

Si elles sont creusées dans un terrain argileux, imperméable, il suffit d'en tasser le fond pour assurer la conservation de l'eau; dans le cas contraire, il faut, par des moyens divers, remédier à la perméabilité du sol. L'eau des mares, même lorsqu'elle ne provient que des pluies, est toujours chargée d'impuretés qu'elle a entraînées dans son trajet sur le sol, à plus forte raison si aucune précaution n'est prise pour en écarter les eaux qui s'écoulent des étables et des fumiers. Elle est toujours trouble et plus ou moins malodorante et, cependant, les animaux qui y sont habitués la boive avec plaisir, la préfère même souvent à celle qui est limpide. Un tel mode d'abreuvement ne va pas sans présenter de grands dangers pour la santé des animaux : les eaux des mares sont profondément souillées et peuvent renfermer et entretenir des microbes et des parasites très variés à l'origine de maladies toujours graves.

Le danger des eaux stagnantes devient plus éminent quand on sait que dans de nombreuses communes rurales, ces " points d'eau " voisinent avec le dépôt d'ordures, le fumier ou la fosse à purin (73).

Pour réduire ces dangers quelques précautions peuvent être prises : interdiction de l'accès de la mare aux animaux, qui augmentent le degré de pollution par leurs déjections et leurs pieds souillés; suppression de l'abreuvement à la mare pendant la période chaude où l'eau devient éminemment favorable à la pullulation des microorganismes de toutes sortes et à l'éclosion de maladies parasitaires, et où le niveau, très bas à la suite d'une sécheresse prolongée, recouvre insuffisamment la vase qui occupe le fond de la mare. La qualité des eaux des mares ne demeure bonne que pendant un temps très limité. En l'absence même d'animaux, ces eaux stagnantes chauffées toute la journée au soleil, sont l'objet de fermentations et deviennent croupissantes surtout lorsque l'importance de la mare s'est réduite sous l'effet de l'infiltration et de l'évaporation. Ainsi une mare peut se transformer en véritable bouillon de culture de germes responsables des épizooties et des parasitoses.

C'est là le point capital de l'utilisation des eaux de surface auquel il faut donner une grande attention dans les aménagements qui sont envisagés (29).

Dans les pays désertiques où de gros troupeaux s'abreuvent autour des mares, il est nécessaire d'aménager des aires d'abreuvement afin que les animaux n'abîment pas les abords des mares et qu'ils ne pataugent pas de façon anarchique dans celles-ci. Sur les aires d'abreuvement, on déversera du sable ou du gravier que l'on tassera pour mieux les matérialiser et les raffermir ; il sera bon aussi de prévoir des zones d'ombre de manière à garder l'eau aussi fraîche que possible et à limiter sa putréfaction (87).

Le problème des points d'eau est le facteur limitant de l'exploitation des pâturages. Les eaux de surface sont rarement pérennes, souvent souillées mais présentent l'avantage d'être gratuites. Toutes les précautions qui peuvent être prises pour que l'abreuvement aux mares se fasse dans des conditions hygièniques satisfaisantes ne peuvent, en aucun cas, être considérées comme suffisantes et ce mode d'abreuvement ne constitue qu'un pis.aller.

Rappelons que l'abreuvement en commun est l'une des causes les plus fréquentes de contamination. La création des mares ne peut se faire qu'avec autorisation du maire, après avis du conseil départemental d'hygiène, seulement en des lieux éloignés des habitations et à une distance d'au moins 35 m de ces dernières. Elles ne doivent, en aucun cas, pouvoir porter atteinte à la qualité des eaux souterraines utilisées pour l'alimentation.

Les mares, abreuvoirs, fosses à eau stagnante,sont curés aussi souvent qu'il est nécessaire et au moins une fois par an. Il est interdit d'étaler les vases provenant du curage auprès des habitations et des voies de communication.

Si les mares, abreuvoirs et fosses sont nuisibles à la santé publique, ils seront comblés par le propriétaire à la demande du maire, après avis du conseil départemental d'hygiène, l'évacuation des eaux étant normalement assurée.

En aucun cas, le déversement des eaux usées de quelque nature que ce soit ne doit y être toléré.(51).

L'eau des mares et des étangs représente,par conséquent,un danger réel pour l'état de santé du cheptel. Le drainage, l'assèchement, la suppression de ces points d'eau au contrôle difficile à assurer et surtout l'équipement des communes rurales en réseau de distribution d'eau potable convenablement surveillé constituent les seules mesures aptes à faire regresser la maladie chez l'animal dans les zones rurales.

Une enquête effectuée par les services du génie rural en 1953, dans le Cher, illustre de la même façon ce rôle de l'eau.

Dans ce département où 15 communes seulement sur un ensemble de 286 communes sont pourvues de distribution d'eau potable, la sécheresse de 1952, en amenuisant les ressources qui servaient d'abreuvoirs habituellement, précipita les animaux aux rares points d'eau subsistant. La promiscuité favorisa l'éclosion d'une épidémie redoutable de fièvre aphteuse : la plupart des communes ont été déclarées infectées et la mortalité a été élevée. On a constaté ,par ailleurs, que les exploitations disposant d'eau abondante et renouvelée ont vu le cheptel préservé. L'eau des mares et

des étangs est,de ce fait, non seulement, une nuisance sur le plan de l'hygiène, mais encore plus un facteur limitant de la ferme (73).

e) Les citernes

L'usage des citernes, employées depuis la plus haute antiquité en vue de recueillir et de conserver les eaux de pluie, est, bien qu'imparfait et coûteux, certainement préférable. On recueille, en général, l'eau des toits, que l'on conduit dans des réservoirs de formes et de dimensions variables. Les citernes doivent être étanches et couvertes , enterrées ou installées dans des locaux fermés, aérés et protégés contre le gel, l'échauffement, les insectes et les rongeurs. Les citernes doivent être éloignées des fosses d'aisance, des puisards, des écoulements d'eau ménagère, des plates-formes à fumier, et des fosses à purin. Il faut préférer pour la construction de ces citernes le ciment au fer (qui donne souvent à l'eau un goût désagréable). Il faut aussi préférer aux citernes aériennes, les réservoirs enfouis totalement ou partiellement dans le sol et dans lesquels la température de l'eau est soumise à des variations de moindre amplitude au cours des saisons : la conservation du liquide en est améliorée. De telles eaux ont l'inconvénient d'être peu minéralisées; de plus, de nombreux germes, provenant des toits où s'accumulent les poussières, les fientes d'oiseaux et autres impuretés, viennent la troubler. Ces matières organiques y produisent rapidement des végétations et des fermentations qui donnent souvent aux eaux de citernes une odeur et une saveur désagréables. Cependant, si elles sont convenablement construites, les risques de souillures par des microbes pathogènes sont minimes et l'eau que l'on peut en retirer est toujours supérieure à celle des mares.

A condition que la paroi de la citerne soit étanche, de même que sa couverture, ce système permet de récolter une eau pure. Ces conditions sont, cependant, difficiles à réaliser, à la longue le ciment pouvant se fissurer et des pollutions brutales de l'eau s'en suivent. Par ailleurs, ce système ne permet guère le stockage de quantités importantes

et il est, de ce fait, aléatoire (SOHIER) (73).

Les précautions que nous venons d'envisager sont élémentaires mais indispensables. Elles nécessitent, par conséquent, le recours aux conseils de spécialistes compétents. Il est regrettable,cependant , de voir encore dans beaucoup de fermes, le puits et la fosse à purin (quand il y en a une !) à proximité l'un de l'autre. Malgré la contribution de l'Etat aux ouvrages réalisés avec la collaboration du génie rural, on constate assez fréquemment encore cette tendance du paysan de demander le concours du " sourcier " au lieu de consulter le technicien. En effet, l'Etat (Ministère de l'Agriculture) peut prendre en charge la recherche et l'aménagement de points d'eau (captage et forage) " lorsque leur exécution comporte certains risques, incertitudes quant au débit ou à la qualité des eaux " (article 151 du Code Rural) (73).

2°) *EQUIPEMENTS COLLECTIFS D'ADDUCTION D'EAU : RESEAU DE DISTRIBUTION*

Deux systèmes d'abreuvement des animaux peuvent être réalisés : l'abreuvement en commun ou l'abreuvement individuel, celui-ci étant dans la majorité des cas préférable à celui-là.

Les abreuvoirs communs sont constitués par des réservoirs de formes variables dont l'emplacement sera convenablement choisi pour permettre l'arrivée facile de l'eau destinée à l'abreuvement.

Ils sont indifféremment placés à l'intérieur des étables.. ou dans la cour de ferme : dans ce cas, ils seront aisément accessibles aux animaux, qui ne doivent pas risquer de glisser ou de s'embourber. Si leur réalisation est peu coûteuse, ils possèdent, en revanche, un grave inconvénient,celui de favoriser la transmission et la dissémination des maladies contagieuses (fièvre aphteuse, tuberculose..) au point que certains hygiènistes les ont qualifiés de " crachoirs publics ". Ces risques de

transmission seraient certainement beaucoup plus réduits si l'eau pouvait sans cesse se renouveler ou plus simplement s'ils étaient vidés et nettoyés entre chaque distribution, et journellement désinfectés en période d'épizootie; mais ce sont là des prescriptions qui seront rarement réalisées de façon convenable à la ferme. Voilà pourquoi, il faut que l'abreuvement individuel se généralise. On peut utiliser le seau ou le baquet mais seulement lorsqu'il s'agit d'abreuver un ou deux sujets. Dans tous les cas, il est préférable d'installer des abreuvoirs individuels, c'est-à-dire des auges individuelles disposées à côté de la mangeoire ou de la crèche prévue pour chaque sujet, à 70 ou 80 cm de hauteur pour les grands animaux. Ces auges, reliées entre elles par une conduite d'amenée de l'eau commune seront remplies périodiquement (2 à 3 fois par jour) aux moments choisis pour faire boire les animaux.

Un système d'abreuvoir individuel automatique et plus perfectionné est particulièrement recommandable pour les animaux en stabulation; il s'agit d'un abreuvoir disposé de telle manière que les animaux aient toujours de l'eau à leur disposition et puissent en prendre au fur et à mesure de leurs besoins. Il existe, à l'heure actuelle, plusieurs types d'abreuvoirs automatiques : les meilleurs systèmes sont les plus simples du point de vue mécanique. L'animal, en appuyant le naseau sur une palette, permet l'ouverture d'une soupape qui se referme automatiquement lorsque l'animal ayantassez bu, n'appuie plus sur la palette. La cuvette, dont l'ouverture est de 20 cm x 30cm ou 30 cm x 30 cm, doit être assez profonde pour éviter le débordement. Certains modèles sont facilement démontables, ce qui en permet le parfait nettoyage. L'abreuvoir automatique est le mode d'abreuvement le plus hygiénique et le plus rationnel.

L'abreuvement automatique présente des avantages nombreux: disparition des coliques dues à l'ingestion d'une eau trop froide (l'eau distribuée dans les abreuvoirs étant à la température de la canalisation, donc de l'étable), diminution de la main-d'oeuvre, possibilité donnée au personnel de l'exploitation de s'absenter sans avoir à se préoccuper de l'abreuvement, enfin et surtout, en cas de maladies contagieuses, aucune contamination n'est possible.

Ce mode d'abreuvement doit être surtout recommandé pour les vaches laitières, car il facilite leur entretien et augmente leur production; seuls les jeunes animaux peuvent avoir à en souffrir, car ils ont tendance à boire exagérément, ce qui nuit aux problèmes de digestion. En dehors de ce cas particulier, la proximité continuelle de l'eau pour les animaux est très salutaire car ainsi, sachant régler d'eux-mêmes leurs besoins, ils boivent souvent mais en plus petite quantité, ce qui semble préférable en vue de leur parfait entretien (103).

Si nous admettons pouvoir disposer en abondance d'une eau de qualité convenable, il existe plusieurs façons de la présenter aux animaux. Après des années d'observation et d'expérimentation, le service de l'Inspection vétérinaire a constaté dans l'usage de l'abreuvoir automatique une supériorité tellement évidente, qu'en plein accord avec le Génie rural, il recommande ce système à l'exclusion de tout autre. Il est même obligatoire dans l'équipement des constructions nouvelles ou dans les modernisations réalisées avec l'assistance technique et financière du ministère de l'agriculture.

Il est évident que la technique rationnelle de l'abreuvement n'a de sens que si des mesures convenables sont prises en même temps pour éliminer les facteurs de pollution de l'eau (60). Dans une exploitation agricole, l'eau saine et en quantité suffisante, doit pouvoir être utilisée à toute heure. Là où il n'existe qu'une alimentation d'eau par simple puisage ou transport à la tonne, l'exploitation doit toute entière être soumise à d'importantes restrictions et, généralement, dans ce cas les animaux ne reçoivent pas la quantité d'eau nécessaire à l'accroissement de leurs différentes productions (94).

Un rapport établi, en mars 1952, dans le département du Morbihan, par Monsieur l'Ingénieur en Chef du Génie Rural a permis de dégager les influences de l'alimentation en eau potable des animaux sur l'accroissement de productivité agricole. Le rapport fait, en particulier, ressortir l'état défectueux de l'équipement collectif rural et prouve que la rentabilité de l'équipement à prévoir suffirait à couvrir les dépenses de construction et d'entretien des réseaux de distribution. En outre,

les installations d'alimentation ne constituent pas des éléments de confort improductifs mais, au contraire, contribuent à un accroissement réel de la productivité agricole. Elevés parmi les ruraux, nous connaissons toute l'importance , tout l'intérêt que comportent les améliorations de l'alimentation en eau des animaux domestiques.

L'eau joue un rôle capital à la campagne. Les travaux d'alimentation en eau potable dans les petites et moyennes communes ont pris dans ces dernières années un développement accéléré. La distribution dans les campagnes, élément de base de la productivité agricole apparaît comme nécessité fondamentale. Le rôle des distributions collectives ou individuelles est important dans la suppression des corvées. M.SOUJOUR (Morbihan.1955), Directeur du Comité Hygiène et Eau a estimé à 1.10^9 heures de travail par an , l'économie de main d'oeuvre et d'attelage que permettraient les distributions d'eau généralisées par équipements collectifs ou individuels (94). Les fermes isolées sont pour ainsi dire livrées à elles-mêmes et ne peuvent compter que sur des ressources locales. Les groupes d'exploitations (hameaux, villages) peuvent établir, eux-mêmes, une adduction d'eau potable, ou confier cette réalisation à des syndicats communaux leur permettant de créer des installations plus puissantes, comparables à celles des agglomérations urbaines. On sait, d'ailleurs, que pour ces travaux, l'état peut remédier à l'insuffisance des moyens financiers des communes par l'octroi de subventions plus ou moins importantes (103).

L'extension des distributions d'eau rurales partout où il sera possible de desservir les fermes, la généralisation des installations d'eau dans les étables sont inséparables de toute politique cohérente d'amélioration de la production du lait et de la viande (94).

III) Lutte contre la Pénurie

Contre la pénurie, un certain nombre de moyens s'ajoutent à la source classique d'eau douce que sont les rivières. Ce sont :

- les pluies artificielles

- la détection (en particulier, par ondes hertziennes) et le pompage des eaux souterraines,
- le recours à l'eau de mer : c'est une solution d'avenir si le prix de revient est raisonnable. La teneur normale moyenne en sels dissous (35 g/l) abaissée à 6,6g/l peut à la rigueur devenir une eau de boisson pour les animaux. La distillation semble actuellement le procédé le plus valable pour de grands débits alors que l'osmose inverse et l'électrodialyse sont utilisées pour de moindres débits ou des eaux saumâtres moins riches en sels dissous.
- la construction de barrages et de canaux d'irrigation permettant d'assurer une meilleure répartition de l'eau de surface.

Mais, un des meilleurs moyens de lutte contre la pénurie sera " une politique conservatrice " : la lutte contre la pollution (60).

IV) Modalités de Distribution de l'Eau

Les vaches laitières abreuvées une seule fois par jour perdent du poids tandis que celles qui sont abreuvées au moins deux fois gagnent du poids, mais la production laitière n'est pas modifiée (LARSEN, HUNGERFORD et BAILEY). Le rendement en matière grasse est de 5,59 % plus élevé quand l'eau est donnée ad libitum par rapport au rendement lorsque l'abreuvement a lieu deux fois par jour (Mc EWAN et GRAHAM) (110).

Les ruminants, même lorsqu'ils prennent une alimentation aqueuse, ne s'abstiennent pas pour cela de boire quand on les conduit aux abreuvoirs; l'eau ainsi incorporée aux aliments plus ou moins secs, notamment aux grains, en augmente la digestibilité de façon notable (102)

Des recherches ont été effectuées chez des zébus adultes, répartis en trois groupes : l'un abreuvé ad libitum, les deux autres n'ayant accès à l'eau pendant une heure seulement que toutes les 48 ou 72 heures. Tous ces animaux recevaient la même ration de foin haché. Les observations ont porté sur la quantité d'eau ingérée, la quantité totale de matière sèche ingérée chaque jour et les coefficients de digestibilité des divers constituants des aliments.

Dans les groupes abreuvés toutes les 48 heures ou 72 heures, la consommation d'eau a été diminuée, respectivement de 12 et de 37% par rapport à celle des animaux buvant ad libitum. Les quantités de matière sèche ingérées par les zébus de ces groupes représentaient 93,8 et 92,2% de celles qu'absorbaient les animaux ayant librement accès à l'abreuvoir. L'analyse statistique montre que ces différences sont hautement significatives.

En ce qui concerne les coefficients de digestibilité des divers principes nutritifs, on note que celui de la cellulose a paru nettement modifié par les restrictions d'abreuvement. En effet, de 49,5 dans le groupe abreuvé ad libitum, il passe à 53,0 et 53,5 respectivement chez les zébus abreuvés toutes les 48 ou 72 heures. Ceci a pour principale conséquence que la consommation en " équivalents amidon " n'a pas été abaissée de façon significative par l'abreuvement toutes les 48 heures.

Les restrictions d'abreuvement ont, d'autre part, provoqué une diminution significative de la quantité de protéines que peut assimiler l'animal. Il se pourrait que l'accroissement apparent de la quantité de protéines décelée dans les fecès des animaux mal abreuvés soit la conséquence d'un accroissement des sécrétions de la muqueuse intestinale ayant pour effet de pallier la siccité excessive des excréments.

La conclusion pratique qui se dégage de ces observations est que l'intervalle de 48 heures entre les deux périodes d'abreuvement représente un maximum au-delà duquel l'organisme des animaux pâtit des restrictions imposées (36).

Quand les animaux disposent en permanence d'eau à volonté, ils ont la possibilité d'ajuster leur consommation à leurs besoins. Ils boivent d'autant plus et d'autant plus fréquemment que la teneur en matière sèche de leur ration, la température ambiante et le nombre d'heures d'ensoleillement sont plus élevées. En moyenne, les vaches laitières boivent trois à quatre fois par jour au pâturage avec une herbe aqueuse et, en stabulation hivernale, de trois à quatre fois avec les rations d'ensilage d'herbe et jusqu'à sept fois avec celles de fourrages déshydratés; la consommation

maximum se situe en fin de soirée, de une à trois heures après la traite du soir (CASTLE et THOMAS. 1975). Elle a, aussi,lieu l'après-midi chez les bovins à l'engrais, au début en été et à la fin en hiver (HOFFMAN et SELF. 1972).

Lorsque les bovins pâturent une herbe jeune, donc riche en eau, il n'est pas indispensable qu'ils disposent d'eau en permanence. Les vaches laitières peuvent alors se contenter de boire lors des deux traites, tout au moins lorsque leur production et la température ne sont pas très élevées (CASTLE et WATSON. 1973). Il est, cependant, souhaitable qu'elles disposent d'eau en permanence.

L'abreuvement biquotidien traditionnel pendant la traite hivernale peut avoir des conséquences défavorables lorsque l'eau est très froide; la température du liquide du rumen est considérablement diminuée (parfois plus de 10°C dans la partie inférieure) et ne revient à la normale qu'au bout de deux heures environ; les animaux boivent moins (CUNNINGHAN et coll. 1964).

Pendant la saison sèche, dans les milieux méditerranéens, semi-désertiques ou tropicaux, la quantité d'eau disponible et les possibilités d'accès aux points d'eau sont souvent insuffisants. Les animaux à faible besoin qui exploitent ces milieux peuvent se contenter d'un seul abreuvement par jour, s'ils disposent alors ad libitum d'une eau de bonne qualité, sans réduire leurs performances. Par contre, ces dernières sont diminuées en cas d'abreuvement tous les deux jours, mais en partie parce que les animaux doivent généralement parcourir une grande distance jusqu'au point d'eau.

Les ruminants s'adaptent à un abreuvement intermittent et à un certain degré de restriction en économisant l'eau (CHURCH.1971). Ils diminuent leur ingestion d'aliment et les différentes pertes, fécales, urinaires et par évaporation insensible. La digestibilité de la ration est sensiblement accrue par suite d'une diminution de la quantité ingérée et aussi de l'accroissement du temps de séjour (UTLEY et coll. 1970).

De l'eau puisée dans le contenu digestif, plus particulièrement dans le gros intestin. L'animal peut supporter une restriction d'autant plus marquée qu'il a moins d'eau à dépenser pour lutter contre la chaleur. Il existe des différences importantes entre espèces à ce sujet (49).

Dans le cas où l'eau d'abreuvement contient un mélange liquide de concentrés, les vaches à très forte production sont capables de consommer plus de 27 litres de ce mélange en deux périodes de traite sans trouble digestif. Pour celà, il faut prendre la précaution que les animaux n'aient pas bu d'une manière excessive avant la traite afin qu'ils puissent ingérer la totalité de la ration liquide. Les vaches ont, en effet, pour habitude d'équilibrer leur consommation d'eau en fonction de leur besoin et une consommation trop forte à l'extérieur risquerait de réduire celle de la salle de traite.

En été, cette méthode se réduit surtout à assurer une consommation minimum d'eau aux animaux. Le fait de leur assurer une consommation qualitative d'au moins 45 litres a pour avantage de simplifier encore plus les difficultés rencontrées pour l'approvisionnement en eau des pâturages(12).

V) PATHOLOGIE LIÉE À UNE MAUVAISE TECHNIQUE D'ABREUVEMENT

1°) APPORT INSUFFISANT

Une insuffisance d'eau engendre la soif (avec tous les phénomènes douloureux qu'elle comporte), la constipation et amoindrit la résistance de l'organisme au point de le rendre sensible aux états infectieux les plus divers (102).

Les effets de l'insuffisance d'abreuvement sont fréquents et peuvent être graves. Ils peuvent résulter d'une insuffisance chronique ou d'une insuffisance aiguë occasionnelle.

a) Pénurie chronique d'eau

L'insuffisance chronique d'eau est fréquente en région désertique. Elle est peu grave dans ses manifestations immédiates mais l'est plus dans ses conséquences secondes et lointaines.

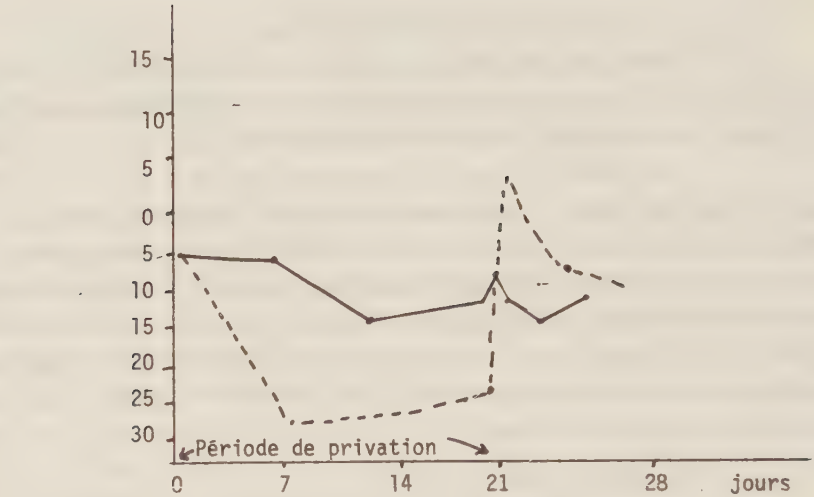
La rareté de l'eau d'abreuvement peut être la cause de déplacements fatigants pour l'animal qui aggravent sa condition; elle peut le conduire à la consommation d'eau trop minéralisée qui n'étanche pas la soif ou d'eau contaminée. On a signalé dans ces conditions (STEYNE et REINACH) des accidents graves: diarrhées, vomissements, contractures musculaires, mort subite. D'autre part, la pénurie d'eau est généralement accompagnée d'une réduction de la végétation et d'une diminution sensible de la teneur des herbes de pâturage en eau.

- Pénurie chronique et perte de poids

Chez des bovins privés de 40 % de leur ingestion volontaire d'eau pendant une période de trois semaines, les constatations au point de vue perte de poids furent les suivantes.

Pendant la première semaine de privation d'eau le poids des animaux décroît significativement. Puis, pendant les deux autres semaines de l'expérience, le poids reste stationnaire. Lorsque les animaux reçoivent à nouveau une consommation d'eau normale, le poids redevient rapidement équivalent au lot témoin et le dépasse même d'en moyenne 14 kg ,puis se réajuste dans la semaine suivante au poids des animaux témoins.

FIGURE N°5



Pénurie chronique d'eau et perte de poids (Little, Sansom, Manston et Allen) (66).

- Pénurie chronique et perturbation du transit digestif

La pénurie chronique entraîne la réduction du volume des sécrétions digestives, cause d'anorexie; elle est fréquemment à l'origine des troubles de la rumination. La vitesse de rumination passe de 1,99 par minute à 1,78 par minute chez les animaux ne recevant que 60% de leur besoin en eau.

Pendant une période de trois semaines où un lot de bovins ne recevait que 60% de leur besoin réel en eau, la consommation de foin fût de 2,93 kg de matière sèche par jour contre 5,74 chez le lot témoin. La différence est significative contrairement à la différence de consommation de

concentrés(7,35 contre 7,71 kg de matière sèche par jour)(67).

La pénurie chronique entraîne également une réduction de toutes les formes d'élimination aqueuse,sorte d'économie de défense, réduction dont l'importance est en raison inverse de la nécessité de l'élimination ou du contrôle que l'organisme exerce sur elle.

La réduction d'eau des fecès résulte d'une résorption intestinale accrue qui peut conduire à la constipation chronique.

- Pénurie chronique et élimination urinaire

La pénurie entraîne une réduction du volume urinaire, conséquence d'une réabsorption tubulaire plus intense s'accompagnant de la concentration de l'urine pouvant conduire à la formation de calculs.

TABLEAU N°34

	Lot témoin	Lot privé
Eau kg/j		
ingestion	55,2	34,9
élimination fécale	19,5	11,4
urinaire	6,1	4,1
par le lait	17,7	14,9
Différence	11,9	4,5
Na en g/j		
ingestion	18,0	15,1
élimination fécale	4,8	3,6
urinaire	3,6	3,1
par le lait	8,7	8,2
Différence	0,9	0,2
K en g/j		
ingestion	110	81
élimination fécale	34	23
urinaire	57	40
par le lait	32	28
Différence	- 13	- 10

Mesures moyennes des ingestions et pertes d'eau,de sodium et de potassium chez les bovins recevant pendant 3 semaines 100% (lot témoin) et 60% (lot privé) de leur consommation volontaire d'eau (Little, Sansom, Manston et Allen) (66).

- Pénurie chronique et élimination cutanée et pulmonaire

On peut admettre que l'élimination cutanée par perspiration et l'élimination pulmonaire basale ne sont pas modifiées, car elles ne sont pas sous le contrôle direct des mécanismes régulateurs.

L'évaporation pulmonaire est prioritaire et pourra entraîner des réactions de déshydratation graves ou au contraire être compromise et rendre l'animal incapable de subsister.

- Pénurie chronique et productions

Il est évident à priori que les exportations d'eau qui constituent une dépense de luxe seront également réduites; c'est ce qui se passe pour la sécrétion lactée surtout quand elle est développée à un degré anormal. L'abreuvement constitue alors un facteur limitant dont l'effet sera d'autant plus marqué que la production et la température seront plus élevées, c'est-à-dire que l'animal vivra dans un climat plus chaud et qu'il sera moins adapté, moins acclimaté ou insuffisamment protégé contre les effets de la température.

La lactation accroît le besoin en eau, non seulement, du fait de la présence d'une grande quantité d'eau dans le lait, mais aussi parce que l'élaboration des constituants du lait entraîne une augmentation de la consommation de matériaux nutritifs. L'accroissement de la quantité de déchets azotés entraîne une augmentation de l'eau urinaire et l'accroissement de la quantité d'énergie métabolisée est corrélative d'une augmentation de la quantité d'extra-chaleur à éliminer, d'où une augmentation de la consommation d'eau utilisée pour la régulation thermique et, dans le cas où celle-ci se fait par évaporation pulmonaire, le travail musculaire nécessité par la ventilation accrue est encore à l'origine de la production de chaleur.

Les observations concernant l'influence de la température extérieure sur la sécrétion lactée mettent en évidence une augmentation du taux de la matière grasse et, en général ,une diminution de la quantité de lait secrété.

Il est remarquable que chez beaucoup de mammifères des déserts les périodes de reproduction coïncident avec les périodes où l'humidité

est la plus élevée et la végétation la plus abondante; cette augmentation de la végétation ne signifie pas seulement une augmentation de la quantité de matériaux nutritifs disponibles mais aussi une augmentation de la qualité d'eau apportée par les aliments.

On peut admettre à priori que l'engraissement sera compromis dans les pays chauds par le régime de l'abreuvement si on se souvient du rôle de l'eau métabolique et de son origine lipidique.

Il est vraisemblable que la seule insuffisance d'eau, en dehors des autres facteurs qui sont simultanément en jeu (température ambiante, modification de la quantité et de la qualité de l'alimentation) influence l'élaboration des gamètes ou la gestation. L'insuffisance d'eau peut, par contre, exercer une influence défavorable durant l'allaitement et surtout après le sevrage, quand le jeune bovin est privé de la protection de sa mère et qu'il doit fixer de l'eau dans les tissus qu'il forme.

Dans les régions chaudes où l'abreuvement est limité aux ressources locales, la croissance est saisonnière et elle est plus influencée par le régime des pluies que par les autres conditions d'environnement(110).

b) Pénurie aiguë

L'insuffisance aiguë se produit quand un animal est privé d'eau pendant une courte période par défaut d'abreuvement simple ou quand une perte excessive d'eau causée par la couverture des besoins de la régulation thermique n'est pas compensée.

La privation d'eau,même occasionnelle, entraîne une sensation de soif plus ou moins intense qui ne se calme pas contrairement à ce qui se produit avec la sensation de faim. Puis, surviennent l'inappétence, la perte de poids, la réduction du volume urinaire et sa concentration, la diminution de production. L'eau qui continue à être éliminée est prélevée à la fois sur le compartiment intra cellulaire et extra cellulaire (70).

Lorsque le secteur interstitiel est, lui aussi, touché, le pli de peau revient difficilement à sa place. C'est la manifestation la

plus expressive de la déshydratation avec la maigreur. La mort survient quand la perte de poids dépasse 10 % . Cette déshydratation par manque d'eau, la plus observée dans le Sahel, était la cause meurtrière d'un grand nombre de bovins durant la sécheresse 1972.1973 (29).

La déshydratation se produit chaque fois que l'élimination d'eau est importante et non compensée (70).

La déshydratation globale par manque d'eau se traduit :

- par une sensation de soif intense,
- par une perte de poids très marquée,
- par une tension artérielle qui diminue légèrement,
- par une diurèse réduite
- par une hémoconcentration très légère,
- par un taux de chlore plasmatique normal ou très légèrement augmenté,
- par un taux d'urée sanguine un peu augmenté.

Sur ce type de déshydratation :

- l'effet des boissons est très bon,
- l'effet d'un régime salé est mauvais,
- l'effet d'un régime déchloruré est favorable.

Au cours de la sécheresse 1972/1973, dans le Sahel, il était fréquent de voir un animal s'immobiliser sur un parcours, vasciller, se coucher, ne plus pouvoir se relever, et succomber sur place, victime de la déshydratation. Et la preuve de sa déshydratation totale est faite car cet animal se conserve à l'air des semaines et des mois, c'est donc qu'il manquait , dans son organisme, de l'eau pour faire démarrer les processus enzymatique de putréfaction (70).

2°) APPORT EXCESSIF

L'administration de trop grandes quantités de liquide n'est pas à conseiller, des manifestations abdominales douloureuses et parfois mortelles connues sous le nom de coliques d'eau, pouvant apparaître, en particulier, sur les bovins qu'on laisse boire à satiété, en été, au retour du travail (102).

L'excès d'abreuvement se produit rarement chez l'animal dans les conditions naturelles , la sensation de soif règle,en effet, la consommation d'eau d'une manière plus précise que l'appétit ne règle l'ingestion d'aliments. L'ingestion qu'une quantité excessive d'eau peut résulter d'un excès d'élimination ou d'un défaut de rétention comme cela se produit dans le diabète insipide; mais, dans cette circonstance, il n'y a pas accumulation d'eau dans l'organisme et le bilan hydrique reste positif. La consommation excessive d'eau peut avoir pour origine une restriction préalable d'eau. Cette inondation de l'organisme se traduirait par l'apparition d'oedèmes sous-cutanés.

L'ingestion de grandes quantités d'eau peut être la cause de troubles digestifs. Chez les polygastriques assoiffés, le réflexe de la fermeture de la gouttière oesophagienne, peut se réveiller et l'eau ingérée passe alors directement dans la caillette et l'intestin produisant l'indigestion d'eau. L'abreuvement des animaux assoiffés pour quelques raisons que ce soit doit être surveillé.

L'indigestion, chez l'animal normal, d'une quantité d'eau supérieure aux besoins, s'accompagne d'une augmentation du volume urinaire: l'urine est plus diluée, mais on peut observer, au moins au début de la diurèse, un léger accroissement de l'élimination des composés azotés résultant d'un lavage tissulaire plutôt que d'une stimulation du métabolisme azoté.

D'après certains auteurs, il serait possible de provoquer une véritable intoxication aqueuse par simple administration d'eau, avec nausées, vomissements, salivation, convulsions, coma et mort; accidents qui sont facilement observés par l'administration d'aquamédine et d'eau. L'augmentation de l'abreuvement ne modifie pas la teneur du lait en eau; le " mouillage au ventre " n'est pas reconnu comme explication valable du mouillage du lait. Quant à la quantité de lait produite, elle ne dépend pas de la quantité d'eau ingérée à partir du moment où l'organisme dispose de la quantité d'eau nécessaire pour satisfaire l'activité fonctionnelle de la glande mammaire;

en d'autres termes, la glande mammaire ne fonctionne pas, de ce point de vue comme le rein. Toutefois, chez les vaches grandes laitières, l'abreuvement automatique, qui permet à l'animal d'ingérer en un temps opportun les quantités d'eau dont il a besoin, accroît le rendement laitier de 3,5 à 4% par rapport aux animaux abreuvés deux fois et de 6 à 11% par rapport aux animaux abreuvés une seule fois dans la journée (110).

3°) TEMPERATURE DE L'EAU

Elle ne doit pas être trop froide. Si tous les animaux sans exception refusent l'eau chaude, en revanche, ils ne dédaignent pas l'eau froide; il est , cependant, recommandé de ne pas abreuver avec une eau dont la température est inférieure à 8 ou 10°C, un tel breuvage nuit aux animaux en sueur (surtout lorsque de grandes quantités sont ingérées en une seule fois) ou simplement à ceux qui ne sont pas habitués à une température aussi basse. Maintes observations anciennes signalent des accidents de coliques, d'entérites, de bronchites et pneumonies, d'avortements.. reconnaissant pour cause l'absorption d'une eau glacée (102).

Les accidents, d'ordre digestif, étant assez fréquents, surtout l'hiver, il convient de donner à cette eau une température aussi voisine que possible de celle de l'étable (94).

L'abreuvoir caldolac 440 de " La Buvette " permet de distribuer aux animaux une eau à température adéquate. Il est constitué d'un double bac qui est maintenu à bonne température par un flotteur chauffant. Une résistance de 120 watts est alimentée en 24 volts. Le contrôle est réalisé par un rhéostat réglable abrité par la carrosserie de l'abreuvoir. Il existe également d'autres modèles plus puissants (32).

4°) EXIGUITE DES POINTS D'ABREUVEMENT

Il faut noter les contaminations bactériennes de l'eau résultant d'infiltrations ou de contaminations par les cadavres d'animaux ou de pollution par les urines et les fecès des points d'abreuvement trop exigus par rapport à la population : elles peuvent être fort gênantes. Il en est de même pour les manifestations parasitaires nées de conditions analogues (29).

CONCLUSION

L'eau est le principal constituant de l'organisme. Ce seul fait illustre bien le rôle capital de cet élément. L'eau est importante, non seulement, par son rôle constitutionnel dans les différents tissus et organes, mais aussi, par son rôle métabolique.

Deux aspects de l'eau sont à considérer dans la conduite d'un abreuvement rationnel : l'aspect qualitatif et l'aspect quantitatif.

La qualité de l'eau offerte aux animaux a une importance hygiénique considérable et peut, parfois, mettre en jeu l'état sanitaire d'un troupeau. En effet, l'eau peut, d'une part, contenir des substances toxiques ou indésirables qui compromettent les performances zootechniques des animaux quand elles ne mettent pas directement leur vie en jeu.

D'autre part, l'eau peut contenir des bactéries, des virus ou des parasites. Ces éléments indésirables peuvent engendrer de véritables épidémies ou des parasitoses qui nuiront aux performances des élevages. C'est pour cela que l'abreuvement doit se faire avec une eau saine de bonne qualité et bactériologiquement aussi pure que possible.

En ce qui concerne l'aspect quantitatif de l'abreuvement, les besoins varient dans de grandes proportions en fonction du poids de l'animal ou plutôt sa surface, de son âge, des conditions climatiques, de la teneur en matière sèche de la ration et des productions réalisées par l'animal.

Quant à la technique et aux modalités de l'abreuvement, l'idéal serait que les animaux disposent constamment d'une eau fraîche, aussi saine que possible et qu'ils puissent s'abreuver chaque fois qu'ils le désirent du volume d'eau que leur organisme réclame. Il faut, aussi, que les animaux puissent accéder aux points d'eau sans avoir à effectuer de longs déplacements.

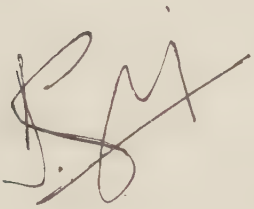
Les points d'eau naturels présentent l'avantage d'être gratuits mais l'inconvénient d'être d'une hygiène parfois douteuse.

L'idéal serait donc d'avoir toujours recours à l'eau d'adduction collective répondant aux normes de potabilité.

Il faut également, dans la mesure, où les conditions d'élevage le permettent préférer un abreuvement individuel (abreuvoir automatique) à un abreuvement collectif qui peut toujours être une cause de contagion lorsqu'une maladie sévit dans le troupeau.

Pour extérioriser au maximum ses productions, il est impératif que l'animal puisse boire ad libitum une eau aussi saine que possible.

Vu : Le Professeur de l'Ecole Vétérinaire
rapporteur

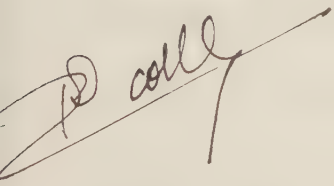


Professeur GRIESS

Vu : Le Directeur de
l'Ecole Vétérinaire

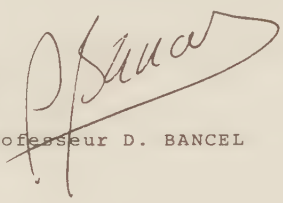
Professeur R. LAUTIE

Vu : Le Président de la Thèse



Professeur ECALLE

VU ET PERMIS D'IMPRIMER
Toulouse, le 26 Octobre 1981
L'ADMINISTRATEUR PROVISOIRE
DE L'UNIVERSITE PAUL SABATIER



Professeur D. BANCEL

BIBLIOGRAPHIE

1) ADOLPH - in Simonnet (H).

2) Agricultural Research Council, 1965, the nutrient requirements of farm livestock.n°2 - Ruminants; Technical reviews and Summaries HMSO. london

3) ANDERSON (R) et OLSON (K) - in I.N.R.A. 1978

4) ARDEN - in Jacquot (R), Le Bars (H), Leroy (A.M.) et Simonnet (H)

5) BAUMER - L'eau dans les zones arides - Total information, 1977, n°70

6) BELLOWS et VAN WAGENEN - in Jacquot (R), Le Bars (H), Leroy (A.M.) et Simonnet (H)

7) BELON (R) - Diarrhée, déshydratation, toxémie du veau nouveau-né- Q.S. R. Belon,, Dept. Vét. nov. 1972, n°9, vol.VII

8) BETHMONT (J.L) - Données récentes sur les effets biologiques du cadmium- Cahiers de Nutrition et de Diététique, vol. XVI, fasc.1, 1981, 59-67

9) BIANCA (W) - L'effet d'expositions à la chaleur, brèves et répétées sur le volume et le degré d'hydratation du sang du veau - Rev. Elev. Méd.Vét. des Pays tropicaux, 1957, p.430 - Vigot frères edt. 23 rue de l'Ecole de Médecine, Paris 6e

10) BINET (L) - La soif, traité de physiologie normale et pathologique de H.Roger - Paris, 1931, Masson et Cie , 90-96

11) BODIN (G) - Un agent d'épuration des eaux peu connu : Bdellovibrio bacteriovirus - Rev.Méd.Vét. Lyon/Toulouse, avril 1979, T.130 n°4, 475-496

12) BRIAN.LOVELDGE - L'alimentation liquide accroît le rendement de la traite - Elevage bovin, oct. 1973, 89.91

13) BRYGOO - in Laurent (F).

14) BUCY - in Labie (Ch) - Rev.Méd.Vét. Mai 1971, courrier du praticien 606-607

15) BURKSER et VALUSKAJA in Mieczylaw Cena

16) CALMETTE (A)-in Laurent (F).

17) CANNON - In Jacquot (R),Le Bars (H), Leroy (A.M) et Simonnet (H).

18) CASTLE (M.E.) - Water intake of dairy cattle - Brit. Vet. J. 1977, 133 (1), 97 (E.n)

19) CASTLE (M.E.) et THOMAS (T.P.) - in I.N.R.A. 1978

20) CASTLE (M.E.) et WATSON - in I.N.R.A. 1978

21) CHOULES (G.L.)- Severe water deprivation - Vet.& Human toxicology, 1978, 20 (4) 261-269

22) CHURCH (D.C.) - in I.N.R.A. 1978

23) CIZECK - in Jacquot (R), Le Bars (H), Leroy (A.M.) et Simonnet (H)

24) CLARK (R) , QUIN (J.J) - Studies in the water requirements of farm animals in South Africa - J.Vet. Sc. 1949, 22, 335-343

25) Code C.F. 1967 - Handbook of physiology section 6 - Alimentary canal vol.1 - Control fo food and water intake - Am. Phys. Soc. Washington.

26) CUNNINGHAN (M.D.) - in I.N.R.A. 1978

27) DEGREMONT - Mémento technique de l'eau - Paris, Technique et documentation, 1966, 656p.

28) DESCAMPEAUX (A), DELARCHE (G) - Hypothèses de travail. Nutrition. Equilibre ionique - Maladie. Rec. Méd. Vét. (Alfort) T.CXXXVII, n°2 fev. 1961, 129-134

29) DIALLO (H) - Des problèmes d'eau et d'abreuvement du bétail dans les régions de Mopti et Gao (République du Mali) - Thèse doct. Vét. Toulouse 1977

30) DUCLUZEAU (R) - Qu'est ce qu'une eau potable ? Elevage bovin, nov.1976, 38.39

31) EECKHOUTTE (M) - Le lait - Cours magistral, E.N.V.Toulouse, 1978

32) Elevage Bovin, janv.1974 - De l'eau à bonne température - Rubrique informations techniques et nouveautés p.98

33) FERRO - in BODIN (G)

34) FLEMISTER (L.J) - Distribution of available water in the animal body- Am.J. Phys. 1941/42, 135, 430-438

35) FOLLANSBEE - in Jacquot (R), Le Bars (H), Leroy (A.M.) et Simonnet(H)

36) FRENCH (M.H.) - Effet de la rareté des ingestions d'eau sur la consommation et la digestibilité du foin par le bétail zébu - Rev.Elev. Méd.Vét. des Pays tropicaux, 1957, n°1, p. 108 - Vigot frères edt. 23 rue de l'Ecole de Médecine, Paris 6e

37) GAALAS (R.F.) - Effect of warm weather on gazing performance of milking cow - J.Dairy Sci. 1946, 29, 199.206

38) GILMAN - in Jacquot (R), Le Bars (H), Leroy (A.M) et Simonnet (H)

39) GRIESS (D) - Cours magistral d'alimentation - E.N.V.Toulouse 1976

40) GRUNDWASSER - in Laurent (F)

41) GUELIN et CABIOCH - in Bodin (G)

42) GUILHON (J) - Le rôle de la pollution hydrique dans l'étiologie et l'épidémiologie de la cysticercose bovine et du téniasis humain - Rec.Méd.Vét. Alfort, T.151, n°1, janv. 1975, 39.45

43) HELLERSTROM (S) - in Laurent (F).

44) HENDERSON (H.D.) , TEAGUE (C.E.) - Influence de l'eau apportée par les aliments - J.Dairy Sc. 1933, 16, 363

45) HERRICK (J.B) - in I.N.R.A. 1978

46) HODEN (A) - in I.N.R.A. 1978

47) HOFFMAN et SELF - in National Academy of Sciences

48) HOLMES et GREGERSEN - in Jacquot (R) Le Bars (H), Leroy (A.M.) et Simonnet (H)

49) I.N.R.A - 1978 - Alimentation des ruminants - edt. INRA publications (route de St.Cyr) 78000 Versailles , 597p.

50) JACQUOT (R), LE BARS (H), LEROY (A.M.) et SIMONNET (H) - 1961, Nutrition animale - Vol.2, et 3, Baillère, Paris

51) J.O. de la République Française - Régime de l'eau - n°1327, 1970 Titre III : Hygiène en milieu rural - Art. 76, Mares et abreuvoirs.

52) JULIETTE (P), PEZARD (R) - L'eau à la ferme et aux champs- in Encycl. des Connaissances agricoles, Hachette edt. Paris 1958

53) KLING - in Laurent (F)

54) KOCJAN - in Mieczylaw Cena

55) KREIL et WEILAND - in Mieczylaw Cena

56) LABIE (Ch) - Rev.Méd.Vét. mai 1971, Courrier du praticien, 606-607

57) LABIE (Ch) - Problèmes hygiéniques posés par les eaux usées dans les exploitations laitières - Rev.Méd.Vét. janv. 1973, T.124,2.22

58) LALANNE (A) - Note sur l'hydraulique pastorale au Soudan. Le barrage de Majibo. Alimentation et abreuvement du cheptel - Bull. Serv. Elev. & Industrie Animale - AOF 1948

59) LARSEN, HUNGERFORD et BAILEY - in Simmonet (H)

60) LAURENT (F) - Le rôle de l'eau dansl'épidémiologie des maladies bactériennes et virales chez les animaux - Thèse doct.vét. Lyon 1972

61) LAUTIE (R) - Cours magistral de pathologie générale - E.N.V.Toulouse 1978

62) LE COUSTUMIER (J) - Alimentation du veau de boucherie - Elevage bovin oct. 1975, 73-75

63) LEICH (J), THOMPSON (J.S.) - Economy of water of farm animals- Nutr. Abst. Rev. 1944, 14, 197-223

64) LE MAGNEN (J) - Consommation spontanée d'eau et de ses minéraux dans la régulation de l'équilibre hydrominéral - Les mécanismes périphériques, 1954, 8 C, 265 C ,281

65) LIEGEOIS (F) - Quelques aspects modernes de la toxicologie vétérinaire- Rev. Méd.Vet. Aout-sept. 1960, 594-620

66) LITTLE (W), SANSON (B.F.), MANSTON (R) et ALLEN (W.M.) - Effects of restricting the water intake of dairy cows upon their milk yield, body weight and blood composition - Anim.Prod. 1976, 22, 329-339

67) LITTLE (W), SANSON (B.F), MANSTON (R), ALLEN (W.M.) - The effects of reducting the water intake of lactating dairy cows by 40 % for 3 weeks - Anim. Prod. 1978, 27, 79-87

68) LOFGREEN (G.P.) - in I.N.R.A. 1978

69) LORGUE (G) - Contribution à l'étude de l'eau potable en Médecine vétérinaire. Méthodes et mesures , résultats - Thèse doct. Vét. Toulouse 1964

70) LY (B.S.) - Le problème de l'eau et de l'abreuvement du bétail dans le nord est de la Haute-Volta - Thèse Doct.vét. Toulouse 1971

71) MACH (R.S.) - Les troubles du métabolisme du sel et de l'eau -Rev. Elev. Méd.Vét. des Pays tropicaux, 1955, Vigot frères edt. 23, rue de l'Ecole de Médecine, Paris 6e

72) MAINE (G) - in LAURENT (F).

73) MARSILE (A) - Eau potable et nuisance rurale - Thèse doct. vét Lyon 1965

74) Mc EWAN et GRAHAM - in Simonnet (H)

75) Mc INTYRE (R.H.) - In I.N.R.A. 1978

76) MELNOTTE - in Laurent (F)

77) MIECZYLAW CENA - Wasser und Tierproduktion - Tierärtzliche Praxis 1975, 48.53

78) MINISTERE DE L'AGRICULTURE - Eaux de boisson et maladies des animaux- Bulletin d'information n°17, 1958

79) MONTGOMERY - in Jacquot(R), Le Bars (H), Leroy (.A.M) et Simonnet(H)

80) MORRISSON (F.B.) - Feeds and feeding, 1959 - 22e edt. Clinton, Iowa the Morrisson Publishing Company, 1161p.

81) MUREAU - L'eau de boisson. Facteur étiologique d'accidents d'élevage. Support de vaccination de masse - Conférence organisée par la S.A.V. 7 mars , Aviculteur (l') , 15.05.1975,n°339,5.19

82) NATIONAL ACADEMU of SCIEN(ES 1974 - Nutrients and toxic substances in water for livestock and poultry, 25.26 - 2101 Constitution avenue, Washington D.C. 20418

83) NEEGAARD (Lp - Water distribution observed in calves from to seven weeks old - Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futter mittelkunde, 1978, 40 (3), 110.111

84) NEWBURGH (L.H), JOHNSTON (M.W.) - The insensible loss of water - Physiol. Rev. 1942, 22

85) PAGOT (J), DELAINE (R) - Besoin en eau des taurins et zébus en Afrique Occidentale - Rev.Elev. des Pays tropicaux 1957 - Vigot frères edt. 23 rue de l'Ecole de Médecine, Paris 6e

86) PAQUAY (R) - in I.N.R.A. 1978

87) PAYNE (W.J.A.) - Quelques effets sur le bétail laitier des conditions d'entretien sous les tropiques (some effects of improved management in dairy cattle in the tropics) - Animals Bread Abst. mars 1955, Vol.23, n°1, 1

88) PIATKOWSKI (B) - in I.N.R.A. 1978

89) PICKUP (J), WURDEN (A.N), BUN YAN (J), WOOD (E.C.) - Constipations chroniques des vaches laitières dues à une forte teneur en zinc de l'eau d'abreuvement - Rev. Elev. Méd.Vét. des Pays tropicaux 1955, 93 - Vigot frères edt. 23 rue de l'Ecole de Médecine Paris 6e

90) PIGOURY - in Laurent (F)

91) PREVOST - in Laurent (F)

92) PUTEAUX (M) - L'eau à la ferme, 1 vol. 103p. Paris, Maison Rustique, 1950

93) RAGSDALE (A.C.), THOMPSON (H.J.), WORSTELL (D.M.), BRODY (S) - Milk production and feed and water consumption reponses of Brahman, Jersey and Holstein cows to changes in temperature 50°F to 105°F and 50°F to 3°F - Missouri Agric. Exp.Sta.Res. Bull. n°460, 1.28, 471 et 521, 1950

94) REMINAC (A) - De l'alimentation en eau des animaux domestiques dans le département du Morbihan - Thèse doct.vét. Alfort 1956

95) RICHARD (A) - Pour la dessiccation des pulpes de betteraves dans l'alimentation des vaches laitières - Bull. Acad. Vét. de France, T.XXXI, n°7, Juil.Aout.Sept. 1958 , 347-350

96) RICO (A.G.), RUCKEBUSCH (Y)- Les compartiments hydriques de l'organisme et leur régulation - Rev.Méd.Vét. Fév. 1972, T.XXXV, nouvelle série, n°2, 227.232

97) RICO (A.G.) - Biochimie de l'eau - Cours magistral - E.N.V.Toulouse 1974.

98) RIEK (R.F.), LEE (D.H.K) - Reactions to hot atmospheres of Jersey cows in milk -J.Dairy Res. 1948, 15, 219.226

99) RITZMAN (E.G.), BENEDICT (F.G.) - Nutritional physiology of the adult ruminant - Carnegie Institution Washington ,Publ. n°494, 1938

100) RUCKEBUSCH (Y) - Les bases physiologiques du comportement alimentaire- Rev.Méd.Vét. mars 1961,T.112, 188.204

101) SANDERS(E.D.), KOESTNER (A) - Bovine neonatal ataxis associated with hypocupremia in pregnant cows - J.Am.Vet. Med. Ass. 1980, 176, 8, 728-730

102) SAURAT (P) - Le rôle de l'eau dans la santé des animaux -Bétail et Basse.cour, juin 1948, 173.175

103) SAURAT (P) - Les modes d'abreuvement - La Revue de l'Elevage avril 1949, 132.134

104) SAURAT (P) , CHANTAL (J), BAUDEAN (H) - La leptospirose : une zoonose majeure . Note 1 . Epidémiologie générale - Rev.Méd.Vét.1965, 118, 5, 379.405

105) SAURAT (P) - Les zoonoses - Cours magistral, E.N.V.Toulouse 1978

106) SCHMIDT.NIELSEN (B), SCHMIDT.NIELSEN (K) - The water economy of desert animals - Scient. Month 1949, 69, 180.185

107) SERVICES DEPARTEMENTAUX DU GENIE RURAL - La sécheresse de 1952 et ses répercussions sur l'économie agricole - La Revue de l'Eau Aout.sept.Oct.1953, (s.p)

108) SEVESTRE (J) - Notions de réanimation - I. Le métabolisme hydro-électrolytique , généralités - Rec.Méd.Vét. Avril 1974, T.150, n°4, 273.278

109) SIDORENKO - in Bodin (G)

110) SIMONNET (H) - L'eau : besoins de l'organisme - Métabolisme; influence de l'abreuvement sur les productions animales - Rev. Elev. Méd.Vét. des Pays tropicaux, 1955, 8, 179.208, Vigot frères edt. 23 rue de l'Ecole de Médecine ,Paris 6e

111) SIVORI - in Laurent (F)

112) SOHIER - in Marsile (A)

113) SOULAIRAC (A) - La régulation neuro-endocrinienne de la soif, in Colloque CNRS, Paris 1954, 8, 283.298

114) STEYNE et REINACH - in Leich et Thompson

115) TERNISSIEN (M) - Les mares dans l'abreuvement en Seine Maritime - Thèse doct.vét. Alfort 1958

116) TOURNUT (J) - Pathologie bovine - Cours magistral - E.N.V.Toulouse 1978

117) TRAUTWEIN - in Laurent (F)

118) UTLEY (P.R.) - in I.N.R.A. 1978

119) VALLE (D) - La déshydratation en médecine vétérinaire. Le syndrome de déshydratation aiguë chez le veau nouveau-né - Thèse Doct.Vét Toulouse 1964

120) VERITE (R) , JOURNET (M) - in I.N.R.A. 1978

121) VIALLIER - in Laurent (F)

122) VIGUIER (A.P), GAUTHIER (R) - Mécanisme de l'allaitement du veau de boucherie - Elevage bovin, fév. 1975, 41.49

123) VISSCHER - in Jacquot (R), Le Bars (H), Leroy (A.M.) et Simonnet (H)

124) WALDO (D.R) - in I.N.R.A 1978

125) WEETH (H.J), SAWNEY (D.S.), LESPERANCE (E.V.) - Modifications relatives aux fonctions rénales et aux excrétions chez les bovins privés d'eau - J.Anim. Sci. vol.26,n°2,mars 1967, 418.423

126) WEETH (H.J) - Effet de l'eau riche en sulfate sur les bovins - J.Anim. Sci. vol.32, n°2, fév.1971, 277.281

127) WINSCHESTER (C.F.), MORRIS (M.J) - Quantités d'eau ingérées par les bovins (Water intake rates of cattle) - J.Anim. Sci. 1956, 15 - 722.740

128) WOLTER (R) - Conséquences d'une alimentation de lactosérum sur la production laitière chez les vaches - Rev.Méd.Vét. Oct.1976 T.127, Courrier du praticien, p.1457

129) YEK (R.G.),KIBLER (H.H) - Physiologie climatique et construction des habitations particulièrement en ce qui concerne les animaux domestiques (XXXVII). Vaporisation d'eau par les vaches Jersey et Holstein au cours des cycles thermiques diurnes telle qu'on la mesure à l'aide d'une tente hydrométrique - Rev. Elev.Méd.Vét des Pays tropicaux, 1957, p.318 - Vigot frères , edt. 23 rue de l'Ecole de Médecine, Paris, 6e

130) ZWAENPOEL - in Liegeois (F).